



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Tesina

**“DISEÑO DE 550.00 METROS LINEALES DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
CON ADOQUIN EN EL BARRIO SANTA ANA, CASCO URBANO DE
JUIGALPA, CHONTALES APLICANDO EL METODO DE LA AASHTO 93.”**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado Por

Br. Enrique Francisco Lazo González.

Tutor

Msc. Ing. José Fernando Bustamante

Managua, Noviembre del 2015

DEDICATORIA

Dedico esta tesina a mi Padre Celestial, mi creador, mi redentor, mi fuente de inspiración, quien guía mis pasos mediante su espíritu, gracias Padre por tus designios y tu tiempo.

A mis padres, esposa e hijos y familiares por su apoyo incondicional, por su ejemplo, por su dedicación para ayudarme a salir adelante y triunfar.

A mis docentes, por realizar un estupendo trabajo. Por formar profesionales y darnos el conocimiento necesario para trabajar y sacar adelante a nuestras familias, en especial al Ing. José Fernando Bustamante, por haber guiado el desarrollo de este trabajo.

Enrique Francisco Lazo González

AGRADECIMIENTOS

A mi Padre Celestial por todas las bendiciones en mi vida y la de mi familia.

A mis padres por deponer sus intereses personales por sacar adelante a sus hijos.

A mi esposa e hijos por estar a mi lado y acompañarme en cada momento importante de mi vida.

Al Msc. Ingeniero José Fernando Bustamante, al ing. Ivan Matus Lazo por su apoyo y confianza en mi trabajo y su disposición para ayudarme a ordenar las ideas, a los demás docentes de la facultad de tecnología de la construcción que me ayudaron a formarme, esto es un aporte invaluable.

Enrique Francisco Lazo González

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1 Resumen Ejecutivo.....	1
1.2 Introducción.....	3
1.3 Ubicación y Localización.....	5
1.3.1 Macro localización.....	5
1.3.2 Micro localización.....	6
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo General.....	7
1.4.2 Objetivo Específico.....	7
1.5 Antecedentes.....	8
1.6 Justificación.....	9

CAPÍTULO 2: ESTUDIO DE TRÁNSITO.

2.1 Recopilación de datos.....	11
2.1.1 Clasificación de vehículos.....	12
2.1.2 Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.....	13
2.2 Procesamiento de la información.....	13
2.2.1 Determinación de las tasas de crecimiento.....	16
2.2.2 Período de Diseño.....	17
2.2.3 Tránsito de diseño.....	18
2.2.4 Tránsito Inicial en el año 0.....	19
2.2.5 Factor de crecimiento.....	19
2.2.6 Factor de Distribución Direccional.....	19
2.2.7 Factor Distribución por carril.....	20
2.2.8 Tránsito en el año n.....	20
2.2.9 Número de años en el periodo de diseño.....	21

CAPÍTULO 3: ESTUDIOS DE SUELOS

3.1 Metodología.....	23
3.2 Evaluación del Terreno Existente.....	23
3.3 Trabajos de laboratorios.....	24
3.3.1 Descripción del perfil estratigráfico.....	25
3.3.2 Ensayo de Proctor Modificado.....	31
3.3.3 Ensayo CBR.....	31
3.4 Análisis de los resultados.....	31
3.4.1 Valoración del material presente en la Terracería.....	32
3.5 Estabilización de suelo con cemento.....	33

3.6 CBR de diseño.....	35
CAPÍTULO 4: DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	
4.1 Índice de serviciabilidad.....	45
4.2 Perdida de serviciabilidad.....	45
4.3 Análisis de carga.....	46
4.4 Confiabilidad.....	48
4.5 Desviación estándar.....	49
4.6 Coeficiente de Drenaje.....	50
4.7 Módulo de Resiliente.....	51
4.8 Coeficientes estructurales o de capas.....	51
4.9 Calculo de espesores.....	52
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 Conclusiones.....	59
5.2 Recomendaciones.....	61
5.3 Bibliografía.....	64
CAPÍTULO 6: ANEXOS.....	I

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Resumen Ejecutivo

La presente tesina tiene como objetivo: diseñar la estructura de pavimento con adoquín del tramo de 550.00 metros, ubicado en el barrio Santa Ana, del municipio de Juigalpa por medio del método AASHTO 93.

Se analizarán los estudios de suelo de las muestras tomadas a lo largo de la vía en estudio y del banco de materiales del barrio 30 de Mayo, así como el estudio de tránsito y calcular los espesores de la estructura de pavimento con carpeta de rodamiento de adoquín, mediante el método de la AASHTO-93 utilizando el programa: Pavement Analysis Software versión 3.3.

El trabajo se desarrolla en cinco capítulos los cuales abordan:

CAPITULO 1: Generalidades. Se describen aspectos básicos del proyecto tales como introducción, descripción del municipio, antecedentes, justificación y objetivos.

CAPITULO 2: Estudio de tránsito. Necesario para determinar el número ESALs, describe la recopilación de datos, clasificación de vehículos, clasificación del tipo de vehículo de acuerdo con la disposición de sus ejes, procesamiento de la información, proyección del tránsito, tasas de crecimiento, periodo de diseño, proyección del tránsito, tránsito Inicial en el año 0, factor de crecimiento, factor de distribución direccional, factor carril, tránsito en el año n y número de año en el periodo de diseño.

CAPITULO 3: Estudio de suelos. Se examinan para conocer las características físico-mecánicas del suelo para la determinación de su utilidad en la vía como base, subbase y subrasante, el mismo incluyen las muestras sobre la vía y el banco de materiales. En estos se identifica: granulometría, índice de plasticidad, límite líquido, pesos unitarios, ensayo Proctor Estándar, ensayo Proctor modificado y ensayo CBR.

CAPITULO 4: Diseño de estructura de pavimento. Se realiza por medio de la AASTHO-93 utilizando el programa de computación Pavement Analysis Software versión 3.3, aplica los siguientes factores: índice de serviciabilidad, pérdida de serviciabilidad, análisis de cargas y ejes equivalente para el diseño de pavimento, confiabilidad, desviación estándar, coeficiente de drenaje, módulo resiliente y coeficientes estructurales o de capas.

CAPITULO 5: Conclusiones y Recomendaciones. Estas son derivadas del trabajo y deberán ser tomadas en consideración para la futura construcción del tramo en estudio.

Anexos. Se complementa toda la información utilizada en el desarrollo del proyecto.

1.2 Introducción

Las calles y caminos son una parte esencial en el desarrollo económico y social de nuestro país. Al establecerse calles y caminos como vías de comunicación y acceso se ha garantizado progresivamente un ordenamiento del territorio y sus ciudades, con esto se han facilitado el crecimiento demográfico y económico. Desde tiempos remotos el hombre ha tenido la necesidad de realizar trabajos encaminados a transformar la naturaleza para crear y preparar las condiciones más favorables para su subsistencia y posterior desarrollo, entre estos las calles y caminos, en el pasado los métodos eran sencillos, los trabajos se efectuaban en largos periodos de tiempo y se ejecutaban con la mano de obra y herramientas existentes.

Con el desarrollo de la sociedad estos métodos tuvieron grandes cambios, entre estos las técnicas de trabajo, los medios de mecanización y los diseños, etc. Esto conllevó a una disminución sustancial en tiempo y costos, logrando también mayor calidad en los trabajos ya que se realizaban estudios que permitían conocer las características y propiedades de los materiales empleados en la construcción de los proyectos.

El acelerado avance tecnológico que ha caracterizado a este siglo y el siglo pasado, ha sido un factor determinante, siendo el transporte una fase importante en la economía de nuestro país, se comprende fácilmente que las comunicaciones en el mismo deben estar concebidas con una visión de conjunto para que cada tipo de transporte pueda estar eficientemente coordinado con los demás y puedan cumplir con las condiciones para las cuales fueron diseñados, logrando que el costo de operación sea el más reducido posible, garantizando de esta manera la accesibilidad, provocando de esta manera efectos económicos positivos en la región de influencia.

Para llevar a cabo la construcción de una vialidad, se requerirá de estudios preliminares, de un anteproyecto y de un proyecto definitivo que permita emplear los recursos económicos de una nación con la mayor eficiencia posible, cumpliendo con las políticas de nuestro gobierno actual.

El tramo de calle en cuestión se encuentra ubicado en el barrio Santa Ana en la ciudad de Juigalpa, esta calle es el principal acceso al barrio Santa Ana y al residencial bosques de Juigalpa, inicia Frente al portón principal de la Bodega de la Alcaldía de Juigalpa y termina en la entrada al barrio Rey Jesús, cuenta con una longitud de 550.00 metros un ancho de calzada de 7.20 metros. Está actualmente revestido con material selecto.

Para cumplir con el objetivo de esta tesina se requiere de un diseño que determine las condiciones esenciales del tramo mediante los estudios realizados, cualquier proyecto por muy estudiado que este, nunca estará completo siempre faltaran detalles pero sabiendo que los estudios son la base racional de las decisiones, es una necesidad que sean bien hechos y de esta manera atraeríamos mayor interés por desarrollarlos y mayor atención para ejecutarlos.

Por eso es claro que los estudios deben tener como objetivo, reducir perdidas y más bien obtener beneficios que sean consecuentes con la mejor utilización de los recursos humanos y monetarios del país.

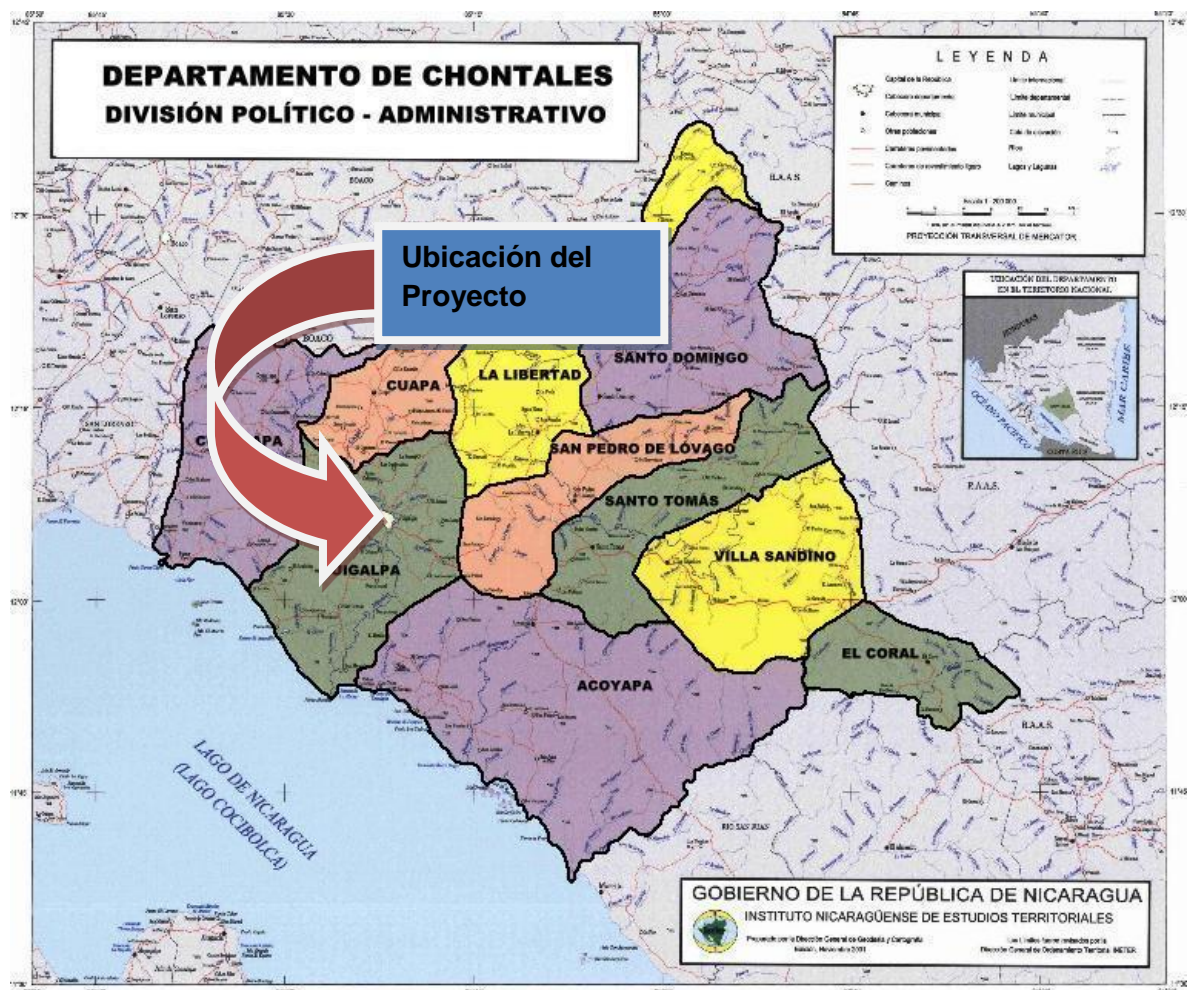
Mediante los estudios a realizarse en el tramo de calle que inicia en la Bodega de la Alcaldía de Juigalpa y termina en la Entrada a al barrio Rey Jesús, obtendremos el diseño de los espesores de pavimento a proponer, con el fin de que la alcaldía de Juigalpa en un futuro no muy lejano incluya en su plan de inversiones del año 2015, la construcción de este tramo, con el fin de realizar una restitución de derechos de la población que habita en el Municipio de Juigalpa, Chontales.

1.3 Ubicación y Localización

Según el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA) la vía en estudio se clasifica como: Colectora Suburbana, se encuentra ubicada en el departamento de Chontales, en el municipio de Juigalpa.

1.3.1 Macro localización.

Figura N° 1: Departamento de Chontales, Municipio de Juigalpa.



Fuente: Mapa político y administrativo del departamento de Chontales Nicaragua (INETER).

1.3.2 Micro localización.

El municipio de Juigalpa se ubica en el Departamento de Chontales. Es considerado el nodo de desarrollo de la región constituida por los departamentos de Boaco, Chontales, Zelaya Central y Río San Juan.

La Cabecera Municipal está ubicada a 137 km De Managua, capital de la República.

El Territorio Municipal de Juigalpa está ubicado entre las coordenadas 10° 45' y 12° 15' de latitud norte y 84°20' y 85°40' longitud oeste.

El municipio tiene una extensión de 726.75 km² con una población de 68,602 habitantes (52% mujeres; 48% hombres).

Figura N° 2: Fotografía Aérea del tramo.



Fuente: Google earth.

1.4 Objetivos

1.4.1- Objetivo General.

- Diseñar 550.00 metros lineales de estructura de pavimento con adoquín en el barrio Santa Ana, casco urbano de Juigalpa, Chontales aplicando el método de la AASHTO 93.

1.4.2- Objetivos Específicos.

- Realizar un estudio y análisis vehicular en el tramo para determinar las cargas que actuaran en la estructura de pavimento.
- Efectuar un análisis de los estudios de suelo a lo largo de la vía y de los bancos en la periferia de la ciudad y determinar sus características físico-mecánicas para su utilización en el diseño.
- Calcular los espesores de la estructura de pavimento con carpeta de rodamiento de adoquín, mediante el método de la AASHTO-93.

1.5 Antecedentes

En el año 2002, la Alcaldía Municipal de Juigalpa estando como alcalde de la ciudad el profesor Erwin de Castilla, dona el área de terreno necesario para llevar cabo un proyecto de construcción de casas de interés social para los sectores de salud y educación. El 26 mayo del año 2007, se inaugura el proyecto habitacional “Residencial Bosques de Juigalpan”, desde el inicio de dicho proyecto, durante su construcción y después de que el mismo fue terminado, el tramo objeto de nuestro diseño de espesor de pavimento con adoquines, paso de ser una calle por la cual no pasaban muchos vehículos durante el día, a ser una de las calles más transitadas de toda la ciudad.

El proyecto “Residencial Bosques de Juigalpan” fue la primera iniciativa de construcción de viviendas de interés social financiada por la Fundación Barceló en la ciudad de Juigalpa, incluía la construcción de un supermercado, una casa comunal, un parque y una guardería infantil. La población objeto a ser beneficiada incluía a personas cuyo nivel de ingresos era bajo, sin embargo los altos costos de construcción de estas viviendas ocasiono que su costo final se incrementara drásticamente, quedando el gremio de trabajadores de la salud y la educación sin la capacidad financiera para adquirirlas.

Lo antes expuesto ocasionó que las casas fueran adquiridas por personas con ingresos medios, muchos de ellos son propietarios de vehículos livianos, camiones, etc. Esto origino que el tránsito por dicha calle se incrementara considerablemente.

1.6 Justificación.

El tramo de calle que inicia desde la Bodega Mase de la Alcaldía de Juigalpa hasta la entrada al Barrio Rey Jesús, sirve de acceso al Residencial Bosques de Juigalpan, al barrio Santa Ana y al barrio Rey Jesús. Es una de las calles más transitadas de la ciudad de Juigalpa, se encuentra revestida con material selecto pero su carpeta de rodamiento se deteriora frecuentemente debido a la constante incidencia de los ejes de los vehículos que pasan por dicho tramo.

Presenta actualmente baches en toda su longitud, ondulaciones, deformaciones en su sección transversal, etc. Las cunetas se encuentran azolvadas con el material que se desprende de la superficie de rodamiento, esto ocasiona que las aguas que deberían drenar en las cunetas entren a la calle, se ocasionen charcas y descomposición de la materia orgánica favoreciendo a la formación de vectores que contaminan el medio ambiente.

Los pobladores del barrio Santa Ana se quejan constantemente ante la Alcaldía de Juigalpa y al Ministerio de Salud, ya que al pasar los vehículos particulares, taxis, camiones que abastecen al supermercado del Residencial y buses de transporte interurbano, etc. Estos levantan nubes de polvo que entran en las casas y han deteriorado el nivel de vida de los pobladores del barrio santa Ana, ellos han solicitado se les restituya sus derechos a tener una calle digna.

La Alcaldía de Juigalpa invierte mucho dinero de su plan de inversiones dándole mantenimiento a este tramo, para que el mismo se mantenga en buen estado y preste un mejor servicio a los usuarios, sin embargo estos esfuerzos no son una respuesta definitiva, ya que pocos días después la carpeta de rodamiento está en mal estado nuevamente y no disminuye la cantidad de polvo que desprenden los vehículos al pasar.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE TRÁNSITO

La variable más importante para el diseño de una vía, probablemente sea el tránsito, en su diseño geométrico se toma en consideración el volumen y dimensiones de los vehículos, pero el tránsito es el factor con mayor incertidumbre al momento de estimarse, el número y el peso de los ejes de estos son factores determinantes en el diseño de la estructura de pavimento y de esta manera poder calcular los espesores de pavimento. Se procederá en este capítulo a proyectar el tráfico actual de la vía para un periodo de 20 años.

En este estudio de tránsito se realizaron tres etapas para su elaboración:

- ✓ Recopilación de datos.
- ✓ Procesamiento de información.
- ✓ Análisis de la información obtenida.

2.1 Recopilación de datos.

Se obtuvieron los datos por medio de conteos vehiculares. Se eligió una estación ubicada frente al portón de la Bodega de la Alcaldía de Juigalpa, los conteos se realizaron en un periodo de siete días durante doce horas en la misma semana, iniciando a las 6:00 am y concluyendo a las 6:00 pm, las fechas corresponden del 02/06/14 al 08/06/14 en los cuales se determinó el volumen de tránsito actual en la vía.

Figura N° 3: Fotografía Aérea del tramo.



Fuente: Google Earth.

2.1.1 Clasificación de vehículos.

Para la clasificación de los vehículos, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) ha designado la siguiente terminología para los vehículos que circulan a través de la infraestructura vial en el país (Ver Anexo N° 7 Pagina XXVI).

Vehículos de pasajeros. Son destinados al transporte público de pasajeros de dos, cuatro, seis y más ruedas, incluyen microbuses pequeños, microbuses medianos, buses medianos y grandes.

Vehículos de carga. Son aquellos vehículos que se utilizan para transporte de mercancías sea esta carga seca o líquida.

Equipo pesado. Son los vehículos de construcción y los agrícolas.

Otros. Son remolques o tráiler pequeño halado por cualquier automotor o por tracción animal.

2.1.2 Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.

La diversidad en las características de los vehículos que circulan sobre un pavimento durante su vida de diseño, traen como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes espacios entre llantas y distintas presiones de inflado, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura.¹

Se ha clasificado el tipo de vehículos de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en el Diagrama de Cargas Permisibles en este caso vigente (Ver Anexo N° 8 Pagina XXVII).

2.2 Procesamiento de la información.

Se procesaron los datos recolectados del aforo vehicular. Actividad que corresponde a los trabajos de gabinete, los cuales se ingresaron en hojas de cálculo del software Microsoft Excel. Con esta información logramos obtener el volumen de tráfico del tramo en estudio por día y por tipo de vehículo (Ver tabla No.1).

¹ Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Alfonso Montejo Fonseca. Tercera Edición. Pág19

Tabla No.1: Consolidado de los conteos durante una semana.

Resumen de Siete Días por tipo de Vehículo											
Estacion: Esquina de la Bodega de la Alcaldia											
Dia	Vehiculos de Pasajeros							Vehiculos de Carga			Total (vpd)
	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Micro Bus > 15 Pasajeros	Bus	Livianos 2-5 Ton	C2 5+ Ton.	C3	
Lunes	1252	755	33	415	24	34	24	50	11	0	2598
Martes	1140	764	34	380	17	25	24	41	15	0	2440
Miercoles	1098	719	40	355	9	29	24	66	10	0	2350
Jueves	1072	749	32	340	15	26	24	50	15	2	2325
Viernes	1144	718	29	355	20	32	24	52	11	2	2387
Sabado	1099	705	28	330	22	38	24	48	21	0	2315
Domingo	564	327	11	209	4	2	12	2	4	0	1135
Total	7369	4737	207	2384	111	186	156	309	87	4	15550
TPDiurno(vpd) 12 horas	1053	677	30	341	16	27	23	45	13	1	2226

Fuente: Elaboración Propia.

El periodo en el cual se realizó el recuento vehicular fue de 7 días de 06:00AM hasta las 06:00pm, al aplicar los factores de ajuste diario y de temporada logramos obtener la expansión del volumen vehicular de la muestra del tramo en estudio. Para fines didácticos serán utilizados dichos factores tomados del anuario de aforo de tráfico del MTI de la estación más cercana mostrado en la siguiente tabla:

Tabla No.2: Factores de Expansión del Tránsito.

Oficina de Diagnóstico y Evaluación de Pavimentos y Fuentes
División de Administración Vial

275



MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION
DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL
OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

ESTACION DE MAYOR COBERTURA 700
EMPALME CAMOAPA - TECOLOSTOTE
FACTORES - 2014



Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx>5	Cx- Rx<4	Cx- Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.43	1.25	1.27	1.34	1.40	1.70	1.31	1.40	1.61	1.71	1.50	1.65	1.44	1.00	1.00	2.00	1.24
Factor Semana	0.95	1.06	1.00	0.95	0.99	1.24	0.97	0.90	0.91	0.89	0.92	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.12
Factor Fin de Semana	1.15	0.87	0.99	1.14	1.01	0.67	1.08	1.36	1.35	1.46	1.29	1.34	1.00	1.00	1.00	1.00	0.79
Factor Expansión a TPDA	0.86	1.01	1.02	1.00	0.97	0.78	1.02	0.92	1.11	0.80	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.66

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx>5	Cx- Rx<4	Cx- Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.24	1.29	1.37	1.35	1.20	1.41	1.33	1.46	1.62	1.57	1.00	1.72	1.00	1.00	1.00	1.00	1.42
Factor Semana	0.98	1.00	1.00	0.94	0.98	1.06	0.99	0.90	0.91	0.93	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.05
Factor Fin de Semana	1.05	1.01	1.00	1.19	1.05	0.87	1.01	1.38	1.35	1.22	1.00	1.27	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90
Factor Expansión a TPDA	1.31	0.87	0.95	1.01	1.16	1.38	0.94	1.04	0.91	1.27	1.00	1.09	1.00	1.00	1.00	1.00	2.16

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx>5	Cx- Rx<4	Cx- Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.35	1.33	1.35	1.38	1.28	1.45	1.38	1.44	1.78	1.68	1.50	1.73	1.00	1.00	1.00	1.00	1.51
Factor Semana	0.98	0.98	0.98	0.92	0.95	1.03	0.98	0.92	0.90	0.89	0.86	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04
Factor Fin de Semana	1.04	1.04	1.05	1.29	1.16	0.92	1.06	1.29	1.37	1.44	1.71	1.52	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92
Factor Expansión a TPDA	0.93	1.17	1.04	0.99	0.90	1.01	1.05	1.05	1.00	1.04	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99

Fuente: Anuario de Aforo de Tráfico 2014.

Debido a que el recuento vehicular fue realizado durante siete días, no es necesario aplicar el factor semana ni el factor fin de semana, se aplicará el factor día y el factor temporada o factor expansión a TPDA del tercer cuatrimestre del año 2014 que se encuentra en el anuario de aforo de tráfico del MTI, los cuales presentamos en la siguiente tabla:

Tabla No.3: Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual.

GRUPO	MOTO	AUTOS	JEEP	Camionet	Micro Bus < 15 pasajeros	Micro Bus 15-30 pasajeros	Bus	Livianos 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	TOTALES
TPD	1053	677	30	341	16	27	23	45	13	1	2226
Factor Dia	1.35	1.33	1.35	1.38	1.28	1.45	1.38	1.44	1.78	1.68	
Factor Temporada	0.93	1.17	1.04	0.99	0.90	1.01	1.05	1.05	1.00	1.04	
TPDA	1323	1054	43	466	19	40	34	69	24	2	3074
% TPDA	43.04	34.29	1.40	15.16	0.62	1.30	1.11	2.24	0.78	0.07	100.00
% VEHICULOS LIVIANOS 95.80%							% VEHICULOS PESADOS 4.20%				

Fuente: Elaboración Propia.

.2.2.1 Determinación de tasas de crecimiento.

La práctica normal de las proyecciones de tráfico deben ser desarrolladas en base a estimaciones de viajes basadas en el uso futuro del suelo así como de factores socioeconómico tales como PIB (Producto Interno Bruto), el consumo de productos derivados del petróleo y el crecimiento poblacional.

Los conteos de campo levantados en el sitio son los factores de ajuste de la información obtenida para la posible estimación del tráfico para el cual se pretende diseñar y poder estimar las proyecciones del tráfico futuro, tomando en cuenta el historial del tráfico de la zona.

Para fines académicos y con el fin de estimar la tasa de crecimiento y realizar las proyecciones de tránsito de la vía en estudio, se analizaron las estadísticas proporcionadas mediante una entrevista realizada al Msc. Lic. Jhader Robles Director de Tribuciones de la Alcaldía de Juigalpa quien con la ayuda del sistema utilizado para registrar el pago de impuestos anualmente y tomando en cuenta los datos necesarios para obtener una tasa de crecimiento en base a un parámetro estadístico: la cantidad de dinero recaudado por el pago del rodamiento anualmente (Ver Anexo N° 15 y 16 Pagina XXXIV y XXXV).

Se realizó un análisis del comportamiento de este factor llegando a la conclusión el Msc. Lic. Jhader Robles que dicho factor tiene una tasa de crecimiento para el pago del rodamiento equivalente al 3.0%. (Ver Tabla No. 4).

Tabla No. 4: Tasas de Crecimiento en el Pago de Rodamiento.

Tasas de Crecimiento(Pago de Rodamiento)

Alcaldía Municipal de Juigalpa

Año	Tasa de Crecimiento
2009	2.85
2010	2.90
2011	2.98
2012	3.05
2013	3.20
Tasa Promedio (%)	3.00

Fuente: Entrevista con el Msc. Lic. Jhader Robles

En vista que no tenemos una estación de control que podamos utilizar para relacionar los datos para determinar la tasa de crecimiento Vehicular, y que el parámetro del 3.0% refleja el crecimiento promedio anual de los últimos cinco años en el pago del rodamiento vehicular, así como la intención de pago de sus impuestos por parte de los dueños de vehículo y la política de recaudación de impuestos que establece la municipalidad anualmente, esto da una buena idea del incremento del parque vehicular (número de vehículos que utilizará la vía en estudio en el año n).

2.2.2 Período de Diseño.

Es el tiempo durante el cual la estructura que se diseña deberá operar con un nivel de serviciabilidad superior al mínimo sin requerir de acciones de conservación diferente a la del mantenimiento rutinario.

Basándome en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, el período de diseño recomendado

para esta vía en estudio, clasificado como colectoras suburbanas, es de 10 a 20 años.

Para efecto de diseño el período a utilizar en el presente proyecto es de 20 años.

Tabla N° 5: Periodos de diseño.

Tipo de Carretera	Período de diseño
Autopista Regional	20 - 40 años
Troncales suburbanas	15 - 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10 - 20 años
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual centroamericano de normas para el diseño Geométrico de las carreteras regionales. SIECA 2001. Pag.10.

2.2.3 Tránsito de diseño

En vista que el diseño del pavimento de la vía, se basa tanto en el tráfico actual así como en los incrementos de tránsito que se espera utilicen la carretera, durante su vida útil, resulta necesario realizar las proyecciones de tránsito futuro.

En primer lugar resulta necesario determinar el periodo de proyección del tráfico, el cual está en función de la vida útil del pavimento, así como las tasas de crecimiento que se han determinado con anterioridad. El tránsito proyectado se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$TD = T_0 * FC * FD * fc \quad \text{(Ecuación N° 1)}$$

- Td = Tránsito de diseño
- T_0 = Tránsito Inicial en el año 0
- FC = Factor de Crecimiento

- FD = Factor de Distribución Direccional
- fc = Factor Carril

2.2.4 Tránsito Inicial en el año 0 (T_0)

Es el TPD inicial determinado a partir del conteo vehicular que se realiza en el tramo a diseñar.

2.2.5 Factor de crecimiento

Esta dado en función por el periodo de diseño y la tasa de crecimiento vehicular, el cual puede variar en dependencia del tipo de vehículo. Su ecuación es:

$$\text{Dónde: } FC = 365 \times \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \quad (\text{Ecuación N° 2})$$

- FC = Factor de Crecimiento
- i = Tasa de Crecimiento
- n = Período de Diseño

2.2.6 Factor de Distribución Direccional (F_d)

Se expresa con la relación que existe entre el tráfico y el sentido de circulación, su valor es generalmente es 0.5 para el flujo vehicular en ambas direcciones y 1 si poseen un solo sentido. La característica más general es que el tránsito se divida 50% en un sentido y 50% en el otro.

Tabla N° 6: Factor de distribución por dirección

Número de carriles en ambas direcciones	LD^{10}
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño Geométrico de las Carreteras Regionales. SIECA 2001

2.2.7 Factor Distribución por Carril (*fca*.)

El carril de diseño es en el que circulan el mayor número de ejes equivalentes. Se toma en cuenta el número de carriles por sentido para los cuales se está diseñando. El factor carril utilizado será del 1.00, esto debido a que la vía en estudio posee un solo carril por sentido.

Tabla N° 7: Factores de distribución según el número de carriles.

Número de carriles en cada dirección	% ESAL en el carril de diseño
1	1
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93. Tercera edición Año 2006. Pág. 58.

2.2.8 Tránsito en el año n (*Tn*)

El tránsito en el año n (*Tn*) es el Transito promedio diario (TPD) proyectado hacia el año n. Para calcularlo es necesario conocer el tránsito inicial, la tasa de crecimiento anual y el periodo de diseño.

Donde: $Tn = To(1 + i)^n$ (Ecuación N° 3)

- Tn = Tránsito en el año n
- i = Tasa de crecimiento anual en %
- n = Número de año en el periodo de diseño

2.2.9 Número de año en el periodo de diseño (n)

El número de años que se empleen en el diseño, está en dependencia de la importancia que la vía representa para la red vial regional o nacional y está definido como el tiempo total para el cual se diseña un pavimento.

Tabla N° 8: Cálculo de Tránsito de Diseño

CALCULO DEL TRÁNSITO DE DISEÑO							
Vehículo	TPDA	Factor Crec.	Tasa Crec.	Tránsito Proyectado	Factor Carril	Factor Direccional	Tránsito Diseño
Motos	1323	9808	3.00%	2390	1	0.5	6487,992.00
Autos	1054	9808	3.00%	1904	1	0.5	5168,816.00
Jeep	43	9808	3.00%	78	1	0.5	210,872.00
Camioneta	466	9808	3.00%	842	1	0.5	2285,264.00
Livianos 2-5 Ton	69	9808	3.00%	125	1	0.5	338,376.00
Mc. Bus < 15	19	9808	3.00%	35	1	0.5	93,176.00
Mc. Bus 15-30	40	9808	3.00%	73	1	0.5	196,160.00
Bus	34	9808	3.00%	62	1	0.5	166,736.00
C2 5+ Ton	24	9808	3.00%	44	1	0.5	117,696.00
C3	2	9808	3.00%	4	1	0.5	9,808.00
Total	3074	9808	3.00%	5557			15074,896

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE SUELOS

Con el objetivo de conocer las características físico-mecánicas del tramo de calle en cuestión, se realizará un análisis del terreno existente y sus condiciones, determinando de esta manera las condiciones necesarias para el diseño de la estructura de pavimento.

Se hará mención de los procedimientos que se realizaron en este estudio, se analizarán los resultados de los ensayos de laboratorio practicados tanto en el sitio del proyecto como en el banco de materiales que se encuentran en la periferia de la ciudad.

3.1 Metodología.

A partir del informe de Laboratorio de Suelos proporcionado por la Alcaldía de Juigalpa (Elaborado por los consultores Ingeniería de Materiales, S.A), se procedió a analizar la clasificación de suelos de acuerdo a sus características físico-mecánicas, tales como granulometría, límites de Atterberg, índice de grupo y se procedió a hacer una agrupación de los valores de los CBR de cada suelo.

Se evaluó el material existente en la terracería, esto con el fin de determinar si cumplía con las especificaciones establecidas en el NIC2000 para bases granulares.

3.2 Evaluación del Terreno Existente.

La longitud del tramo es de 550 metros, en el mismo se realizaron un total de 11 sondeos manuales a cada 50 metros aproximadamente, tanto en la línea central de la calle como en ambos extremos, de manera aleatoria, los mismos se hicieron hasta una profundidad de 1.00 metros.

Una vez obtenidas las muestras, se clasificaron y enviaron al laboratorio de materiales donde se procedió a realizárseles los estudios pertinentes.

3.3 Trabajo de Laboratorio.

Una vez recolectadas y agrupadas las muestras, se aplicaron los ensayos de laboratorios para determinar las características de los suelos, aplicándose las normas ASTM.

Tabla N° 9: Ensayos de laboratorios

No.	Ensayo	Especificación ASTM
1	Granulometría de los suelos	D – 422
2	Límite Líquido de los suelos	D – 4318
3	Índice de Plasticidad de los suelos	D – 4318
4	Ensayo Próctor Modificado	D – 1557 – 91
5	Ensayo C.B.R. (California Bearing Ratio)	D – 1883 – 73

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio, se clasificaron los suelos de acuerdo a la AASHTO, se definieron cinco grupos tomando en cuenta la estratigrafía de los suelos encontrados.

El banco de préstamo con el que cuenta actualmente la Alcaldía de la ciudad de Juigalpa es el del barrio 30 de Mayo, se tomaron muestras del material existente ya explotado, para el mismo se mostraron sus características, las muestras obtenidas se sometieron a pruebas en forma independiente, tanto los estratos finos como los gruesos.

3.3.1 Descripción del Perfil Estratigráfico.

Se realizó el análisis granulométrico para determinar la clasificación y calidad del material. De acuerdo a la secuencia estratigráfica del sitio en estudio y teniendo los resultados de los ensayos, podemos describir cuatro grupos de materiales (Ver Anexo N° 4 Pagina XXIII).

A continuación se procederá a describir las características físico-mecánicas más relevantes de los grupos:

Suelo A-2-4

El análisis de las muestras nos confirma que en cada uno de los sondeos realizados la capa de revestimiento actual lo constituye una grava media a gruesa, arenosa, Limosa / arcillosa, con un espesor variable entre 0.25 metros a 0.50 metros, los materiales de esta capa fueron clasificados por el método de la AASHTO M-145 como A-2-4 con índice de grupo (0).

El comportamiento de este estrato es muy constante ya que la Alcaldía de Juigalpa revistió este tramo en toda su longitud con 0.25 metros de material selecto en promedio, esto se dio cuando construyo un proyecto de Ordenamiento Vial: Construcción de cunetas, andenes, y vados en la calle principal del barrio Santa Ana, este proyecto se realizó en dos etapas una a finales del año 2011 y la otra etapa a inicios del año 2012, el material depositado se utilizó como relleno a partir de la rasante existente.

El suelo de este estrato es de color café claro, con índice de plasticidad del 7% al 10%, límite líquido entre 31% al 34%. Está conformada por un 42% a un 46% de partículas gruesas que son retenidas en el tamiz número 4, con tamaño máximo de 2", con un 30% un 33% de arena y un 16% a un 25% de partículas

finas. Podemos concluir que la profundidad promedio hasta la cual encontramos este tipo de estrato es hasta los 0.33 metros.

El resumen de las características del material de revestimiento de esta calle se presenta en la siguiente Tabla:

Tabla N° 10: Características de la capa de rodamiento.

No.	Ensaye	Propiedades	
01	Porcentaje en peso que pasa mallas	De	A
	3"	97	100
	2"	96	98
	1"	85	91
	3/4"	79	84
	3/8"	65	71
	No.4	54	58
	No.10	39	48
	No.40	23	35
	No.200	16	25
02	Límites de Atterberg	De	A
	Límite Líquido (%)	31	34
	Índice de Plasticidad (%)	7	10
03	Clasificación de AASHTO	A-2-4(0)	
04	Humedad Natural (%)	2.9	8.1
05	Peso Volumétrico Seco Máximo (Kg/m³)	2085	
06	Humedad Óptima (%)	11.7	
07	CBR Saturado 90%	42	
	95%	56	
	100 %, de compactación proctor modificado	70	

Fuente: Elaboración propia

Suelo A-2-6

La sub-rasante actual está constituida por una grava arenosa, arcillosa, encontrándose este suelo en los sondeos manuales Sm-1, Sm-2, Sm-3, sm-4, Sm-6, Sm-7 y sm-11, a partir de una profundidad entre 0.25mts y 0.50mts podemos observar que este estrato tiene un espesor variable entre 0.25mts a

0.75mts, hasta alcanzar una profundidad entre los 0.50mts hasta los 1.00mts, los materiales de esta capa fueron clasificados por el método de la AASHTO M-145 como A-2-6 con índice de grupo (0).

El suelo de este estrato es de color café, con índice de plasticidad del 12% al 17%, límite líquido entre 38% al 39%. Está conformada por un 27% a un 65% de partículas gruesas que son retenidas en el tamiz número 4, con tamaño máximo de 2", con un 20% un 43% de arena y un 15% a un 20% de partículas finas. Podemos concluir que la profundidad promedio hasta la cual encontramos este tipo de estrato es de 0.73 metros.

El resumen de las características del material de sub-rasante de esta calle se presenta en la siguiente tabla:

Tabla N° 11: Características de la capa de Sub-rasante A-2-6.

No.	Ensaye	Propiedades	
01	Procentaje en peso que pasa mallas	De	A
	3"	93	100
	2"	89	95
	1"	78	90
	3/4"	69	83
	3/8"	48	71
	No.4	35	63
	No.10	26	50
	No.40	20	31
	No.200	15	20
02	Limites de Atterberg	De	A
	Límite Líquido(%)	38	39
	Índice de Plasticidad(%)	12	17
03	Clasificación de AASHTO	A-2-6(0)	
04	Humedad Natural(%)	6.6	19.2
05	Peso Volumétrico Seco Máximo (Kg/m³)	1825	
06	Humedad Óptima(%)	14.9	
07	CBR Saturado 90%	10	
	95%	26	
	100 %, de compactación proctor modificado	38	

Fuente: Elaboración Propia

Suelo A-2-7

Se puede apreciar que en los sondeos manuales Sm-4 y Sm-10 la sub-rasante actual está constituida por una arena gruesa a fina arcillosa y una grava gruesa a media arenosa arcillosa, respectivamente, de color café, a partir de una profundidad entre 0.25 metros y 0.38 metros, este estrato tiene un espesor variable entre 0.47 metros a 0.75 metros, hasta alcanzar una profundidad entre los 0.85mts hasta los 1.00 metro, los materiales de esta capa fueron clasificados por el método de la AASHTO M-145 como A-2-7 con índice de grupo (0).

El suelo de este estrato es de color café, con índice de plasticidad del 13% al 14%, límite líquido entre 44% al 45%. Está conformada por un 15% a un 58% de partículas gruesas que son retenidas en el tamiz número 4, con tamaño máximo de 2”(muestra Sm-10) y un tamaño máximo de 3/8”(Muestra Sm-4), con un 27% un 60% de arena y un 15% a un 25% de partículas finas. Podemos concluir que la profundidad promedio hasta la cual encontramos este tipo de estrato es de 0.93 metros.

El resumen de las características del material de sub-rasante de esta calle se presenta en la siguiente tabla:

Tabla N° 12: Características de la capa de Sub-rasante A-2-7.

No.	Ensaye	Propiedades	
		De	A
01	Porcentaje en peso que pasa mallas		
	3"	95	100
	2"	83	100
	1"	75	99
	3/4"	70	97
	3/8"	54	92
	No.4	42	85
	No.10	28	72
	No.40	18	47
	No.200	15	25
02	Límites de Atterberg	De	A
	Límite Liquido (%)	44	45
	Índice de Plasticidad (%)	13	14
03	Clasificación de AASHTO	A-2-7(0)	
04	Humedad Natural (%)	7.5	13.9
05	Peso Volumétrico Seco Máximo (Kg/m ³)	1750	
06	Humedad Óptima (%)	17.20	
07	CBR Saturado 90%	9	
	95%	13	
	100 %, de compactación proctor modificado	17	

Fuente: Elaboración Propia

Suelo A-7-6

En los sondeos manuales Sm-5, Sm-8 y Sm-9 la sub-rasante actual está constituida por una arcilla arenosa color café oscuro, en los sondeos manuales Sm-2, Sm-3, Sm-4, Sm-7 y Sm11 encontramos este mismo tipo de suelo arcilla arenosa pero ubicado debajo de la sub-rasante como una tercer capa, estos estratos corresponden al terreno natural, encontramos este suelo a partir de una profundidad entre 0.35 metros y 0.85 metros, este estrato tiene un espesor variable entre 0.15 metros a 0.65 metros, hasta alcanzar una profundidad de 1.00 metro (profundidad hasta la cual se hicieron los estudios), los materiales de

esta capa fueron clasificados por el método de la AASHTO M-145 como A-7-6 con índice de grupo (4).

El suelo de este estrato es de color café oscuro, con índice de plasticidad del 21%, límite líquido entre 49%. Está conformada por un 22% de partículas gruesas que son retenidas en el tamiz número 4, con tamaño máximo de 3/8, con un 39% de arena y un 39% de partículas finas. Podemos concluir que la profundidad promedio hasta la cual encontramos este tipo de estrato es de 1.00mts.

El resumen de las características del material de sub-rasante de esta calle se presenta en la siguiente tabla:

Tabla N° 13: Características de la capa de Sub-rasante A-7-6.

No.	Ensaye	Propiedades
01	Procentaje en peso que pasa mallas	De
	3"	100
	2"	100
	1"	98
	3/4"	96
	3/8"	89
	No.4	78
	No.10	62
	No.40	50
	No.200	39
02	Limites de Atterberg	De
	Limie Liquido(%)	49
	Indice de Plasticidad(%)	21
03	Clasificacion de AASHTO	A-7-6(4)
04	Humedad Natural(%)	12.5
05	Peso Volumetrico Seco Máximo (Kg/m³)	1368
06	Humedad Optima(%)	30.3
07	CBR Saturado 90%	3
	95%	5
	100 %, de compactacion proctor modificado	7

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2 Ensayo de Proctor Modificado.

El banco de materiales del Barrio 30 de Mayo ha sido utilizado por la Alcaldía de Juigalpa desde el año 2004, es explotado actualmente con el fin de suplir los requerimientos de materiales de préstamo en cada uno de los proyectos que se ejecutan por parte de la municipalidad y que requieren material selecto. En esta prueba de laboratorio se determina la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo. Este ensayo se aplicó tanto a la existencia de material explotado, como a una fracción gruesa y a una fracción fina del mismo y a una mezcla de material fino y grueso.

3.3.3 Ensayo CBR

El ensayo determina la capacidad de soporte de los suelos, bajo condiciones de humedad y densidad controlada. En este ensayo las muestras se sometieron a saturación por un periodo de 96 horas de anticipación.

En los diferentes estratos y tipos de suelos localizados en la línea de la vía y en los materiales del banco de préstamo del Barrio 30 de Mayo, se realizó el este procedimiento.

3.4 Análisis de los Resultados

Tomando en cuenta que la capa de rodamiento de la calle actualmente está constituida por material selecto clasificado como un material A-2-4(0) una grava arenosa limosa, conviene que el diseño de pavimento se realice partiendo del análisis del estrato de suelo inferior a la capa de rodamiento, esto con el fin de constatar si la capa de rodamiento existente soporta el tráfico que pasara por la vía, o si necesita ser sustituida o mejorada.

Bajo la capa de rodamiento actual encontramos en los sondeos manuales Sm-1, Sm-2, Sm-3, Sm-6, Sm-7, Sm-11 una grava de gruesa a media arenosa arcillosa

clasificada como un suelo A-2-6(0); En los sondeos manuales Sm-4, Sm-10 se encontró bajo la capa de rodamiento una arena gravosa y una grava arenosa respectivamente, ambos suelos se clasifican como A-2-7(0); En los sondeos manuales Sm-9, Sm-8, Sm-5 se encontró bajo la capa de rodamiento arcilla arenosa clasificada como un suelo A-7-6(4), a partir de las características y de los valores de CBR de los suelos descritos anteriormente los cuales conforman la subrasante se llevara a cabo el diseño de la estructura de pavimento.

3.4.1 Valoración del Material Presente en la Terracería.

Se realizó una valoración de las características del suelo encontrado como capa de rodamiento o terracería, el cual se clasifica como A-2-4(0) una grava arenosa limosa, relacionándolo con lo establecido en la sección II del artículo-1003.23 de la NIC-2000, en donde se plantea los requisitos mínimos a cumplir para un material que será utilizado como base granular, lo que a continuación se muestra en la siguiente tabla:

Tabla No.14: Valoración del material de la terracería existente.

Requisitos que Debe Cumplir el Material para ser Utilizado como Base.				
ESAL o W18 = 1,052,970.00		(EE)/por Dia=	144.24	
Periodo de Diseño(años)=20.00				
No	Prueba	Requerimiento Minimo NIC-2000 (Tipo 2)	Material para base a usarse, A-2-4(0)	Valoracion
1	Graduacion	Cuadro 1003.3		No cumple
2	Desgaste de los Angeles	Max.50 %	-	-
3	Indice de Plasticidad	Max.15 %	8	Cumple
4	Modulo de Plasticidad	Max.400	224.00	Cumple
5	CBR al 95% de AASHTO Modificado (AASHTO T 180) y 4 días de saturación.	Min.60%	56.00	No cumple

Nota: Se compara al tipo 2 ya que los niveles de tráfico no exceden de 300 ejes equivalentes estándar (EE) (8200 Kg) por día.

Fuente: Elaboración Propia.

Al comparar los valores de los requerimientos mínimos establecidos en el Nic. 2000 con los valores obtenidos en los resultados de laboratorio, se observó que

el material no cumple con los requerimientos mínimos, tanto en la graduación de del material como en el CBR del mismo al 95% del proctor modificado.

3.5 Estabilización de suelo con Cemento.

En vista que el material existente en la terracería proviene del único banco de materiales con que cuenta actualmente la Alcaldía de Juigalpa dentro de un perímetro menor a 5KM (Banco de materiales del barrio 30 de Mayo) y que las características del mismo se aproximan mucho a las requeridas en el Nic. 2000, se procedió a valorar la reutilización del material existente y estabilizarlo con cemento, esta opción es la única viable al no contar con otro banco de materiales y posiblemente sería más económica respecto a realizar todo el movimiento de tierras necesario para sustituir el material existente en la terracería por otro material proveniente de un banco de préstamo con el cual no se cuenta actualmente y que se requeriría de estudios geotécnicos para identificarlo.

Uno de los métodos más utilizados y que han dado muy buenos resultados para incrementar la capacidad soporte CBR y las propiedades mecánicas de un suelo es realizar una estabilización con cemento, se procedió a realizar una valoración del material existente en la terracería para determinar si el mismo cumplía con los requisitos mínimos establecidos en el Nic. 2000 para materiales naturales que se pretenden usar como base estabilizada con cemento, a continuación se muestran los resultados obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla No. 15: Materiales naturales para bases estabilizadas con cemento.

No	Requisitos de la Nic.2000	Requerimiento	Material para base a usarse, A-2-4(0)	Valoracion
1	Tamaño maximo	20-40mm	50.8	No cumple
2	% que pasa por el tamiz de 0.075 mm	Max.35%	25%	Cumple
3	Coeficiente de Uniformidad	Máx. 10	-	-
4	Indice de Plasticidad	Max.25	10	Cumple
5	CBR a 95% de AASHTO Modificado (AASHTO T 180) y 4 días de saturación	mín. 30%	56	Cumple
6	Módulo de Plasticidad	máx. 1500	224	Cumple

Fuente: Elaboración Propia.

Al valorar los resultados de laboratorio del material existente en la terracería respecto a los requerimientos en la tabla anterior, se observa que el material cumple en la mayoría de los requisitos excepto en el tamaño máximo, pero se considera que es un factor que se podría superar al momento en que se realice el movimiento de tierras para estabilizar la terracería, los ayudantes del módulo de construcción garantizarían la extracción de todo grano rocoso que exceda el tamaño máximo, por lo tanto el material puede ser usado para estabilizarlo con cemento.

En estudios realizados por ITP S.A (Ingeniería Técnica de Pavimentos S.A) se recomienda mejorar el material existente con cemento (equivale al 3% de Cemento) por cada m³ de material, realizando dicha mezcla con el material estando en su humedad optima con el fin de garantizar al menos una resistencia a la compresión de 19kg/cm²(270lbs/Pulg²), tomando en cuenta que es el mínimo establecido en la sección 1003.23-II.d de la NIC-2000, a los 7 días de edad con una mezcla compactada al 95% de Proctor Modificado, a continuación se muestra el cuadro de resultados de las pruebas de resistencia de la terrasería estabilizada con cemento:

Tabla No. 16: Pruebas de Resistencia de la Terracería estabilizada con cemento.

Resultados de Pruebas Resistencia

Descripción del Material	Dosificación de Cemento	
	3%	4%
Material Existente en la terracería	275 PSI	355PSI
	19.34Kg/Cm ²	24.97 Kg/cm ²

Fuente: Ingeniería Técnica de Pavimento ITP.

3.6 CBR de Diseño.

La Norma ASTM-D1883 y la norma AASHTO T-193 establecen las condiciones para realizar el ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de soporte de California), controlando la humedad y densidad con el fin de medir la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, con el ensayo podemos constatar la calidad del terreno para base, sub base y sub rasante en la estructura de pavimento.

Según el valor más difundido para la determinación del valor de la resistencia del diseño (CBR de diseño para la sub rasante), se recomienda utilizar un valor total percentil de acuerdo al total de ejes ESAL's equivalentes que se muestran a continuación:

Tabla N° 17: Límites de selección de resistencia.

N° de ejes de 8.2 toneladas en el carril de Diseño (N)	Percentil a seleccionar para encontrar la resistencia
$< 10^4$	60%
$10^4 - 10^6$	75%
$> 10^6$	87.50%

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Fonseca Montejó.

Segunda Edición 2001. Página 68.

El valor del ESAL's de diseño es de 1,537,776.00 (Ver detalle en el capítulo II estudio de Transito) por lo tanto el valor del percentil a utilizar es de 87.50%.

La profundidad definida para subrasante será de 0.50mts, considerando que a esta profundidad se compensa la altura que tendrá el espesor del pavimento, considerando el corte que se debe hacer para definir la altura de la capa de arena y el adoquín respecto a las cunetas existentes, encontrando también a esa profundidad el estrato de suelo inferior al de la capa de rodamiento.

Se ordenan los valores de CBR de menor a mayor y se determinan el número y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno, con el fin de definir el CBR de diseño para la subrasante.

Tabla N°18: Cálculos para elaboración de gráfico N° 1

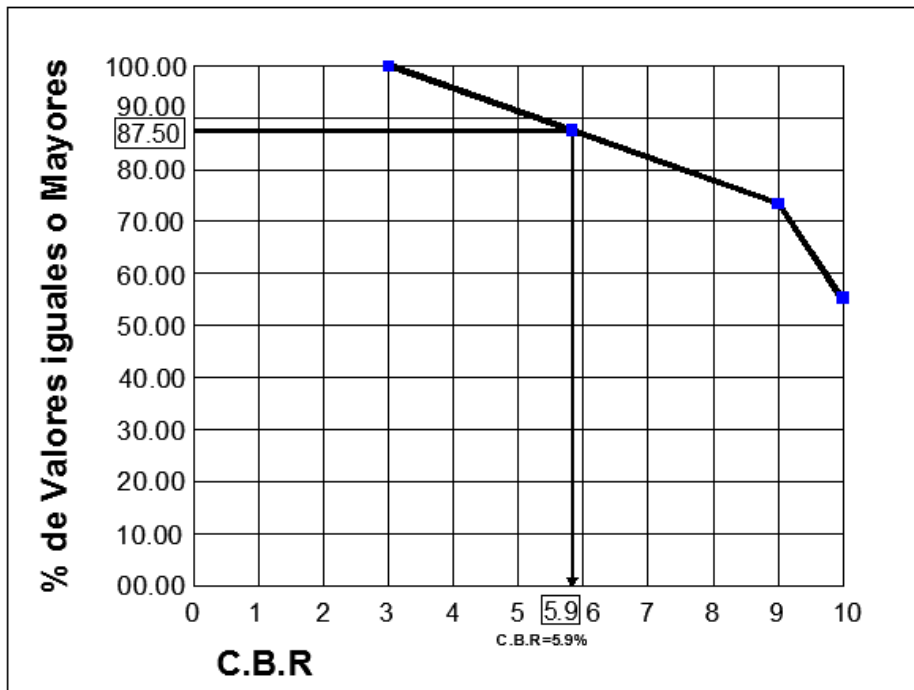
CBR	Frecuencia de sondeos	Número de Valores Iguales o Mayores	% de Valores Iguales o Mayores
3	3	11	$11/11 * 100 = 100$
9	2	8	$8/11 * 100 = 72.73$
10	6	6	$6/11 * 100 = 54.55$

Fuente: Libro de Pavimentos para Carreteras. Fonseca Montejó.

Segunda Edición Año 2001. Página 70.

Con los valores obtenidos del CBR y el porcentaje de valores iguales o mayores, se realizó la siguiente gráfica donde se determinó el CBR para la subrasante.

Gráfico N° 1: Porcentajes de CBR vs Porcentajes de valores



Fuente: Elaboración propia.

Al trazar la tangente sobre el valor percentil de 87.5% obtenemos el CBR de diseño para la subrasante igual a 5.9%.

Los resultados de los valores de CBR y las propiedades físico-mecánicas del suelo encontrado en el tramo en estudio se muestran a continuación en el cuadro adjunto:

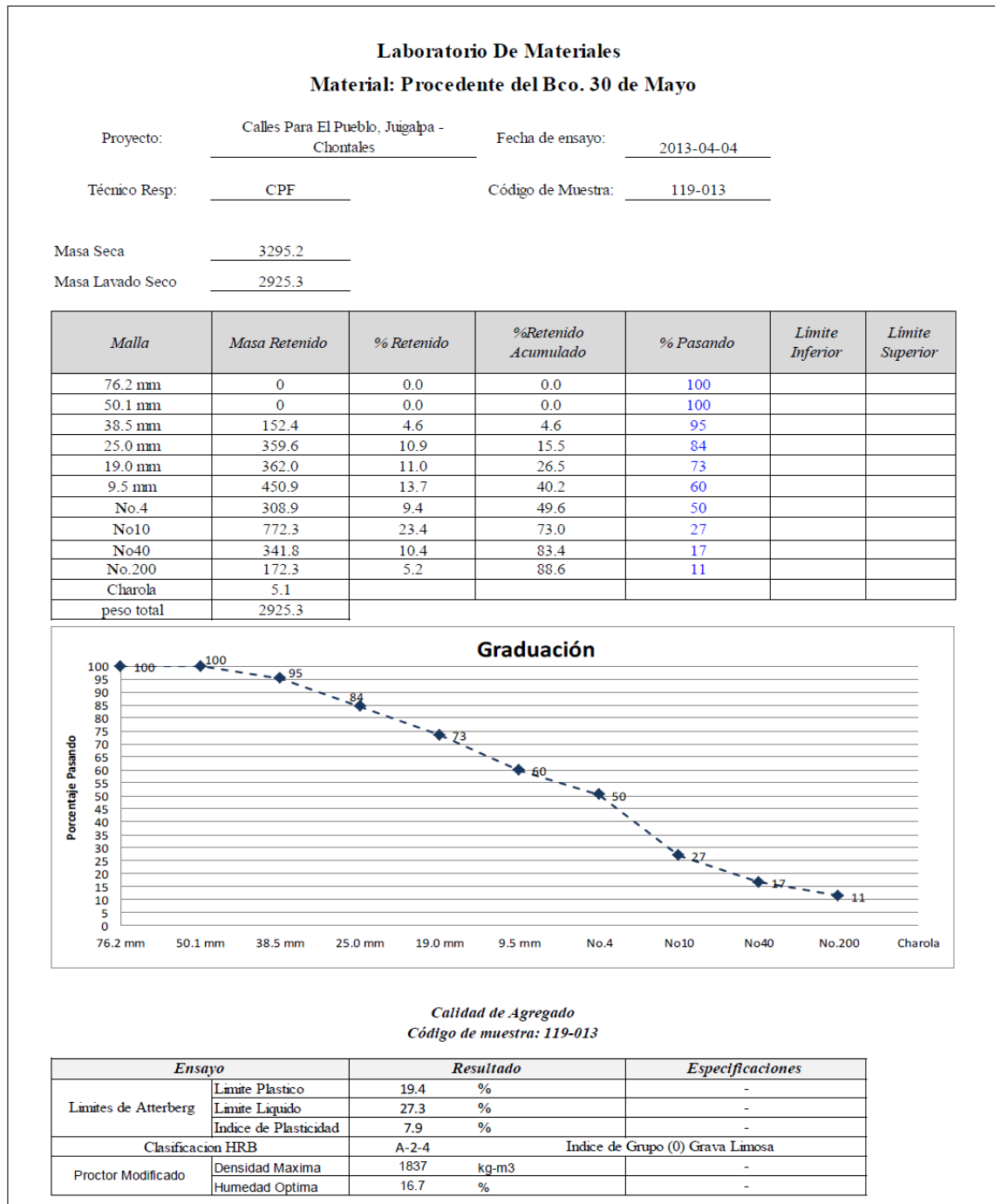
Tabla No. 19: Resultados de los ensayos de suelos “Calle de la bodega de la Alcaldía de Juigalpa – Entrada a Residencial Bosques de Juigalpan”.

UBICACION/ ESTACION	SONDEO No.	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD (m)		ESPESOR DEL ESTRATO (m)	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE ESTRATO	% QUE PASA POR EL TAMIZ										LIMITES DE ATTERBERG			HUMEDAD NAT. (%)	CLASIFICACION		PROCTOR MOD.		CBR(%)		
			3"	2"				1"	3/4"	3/8"	#4	#10	#40	#200	LL	LP	IP	DE LA AASHTO	HO	DSM		SATURADO						
																						GRUPO	INDICE	(%)	(KG/M³)	90%	95%	100%
			De	a				76	50	25	19	9.5	4.7	2.0	0.425	0.075	(%)	(%)	(%)									
0+000	S-1	1	0.00	0.25	0.25	GRAVA media a fina, arenosa, limosa	Revest.	100	98	90	84	69	56	48	35	25	31	23	8	4.7	A-2-4	0	11.7	2085	42	56	70	
L.C		2	0.25	1.00	0.75	GRAVA gruesa a media, arenosa, arcillosa	Sub-rasante	93	89	78	72	58	48	40	28	20	38	25	13	6.6	A-2-6	0	14.9	1825	10	26	38	
0+052	S-2	3	0.00	0.30	0.30	GRAVA media a fina, arenosa, limosa	Revest.	100	97	85	79	65	54	40	24	16	34	24	10	3.2	A-2-4	0	11.7	2085	42	56	70	
2 m. Der.		4	0.30	0.55	0.25	GRAVA gruesa a media, arenosa, arcillosa	Sub-rasante	93	89	78	72	58	48	40	28	20	38	25	13	9	A-2-6	0	14.9	1825	10	26	38	
		5	0.55	1.00	0.45	ARENA Arcillosa	S. Nat.	-	100	98	96	89	78	62	50	39	49	28	21	12.5	A-7-6	4	30.3	1368	3	5	7	
0+105	S-3	6	0.00	0.25	0.25	GRAVA media a fina, arenosa, limosa	Revest.	100	97	85	79	65	54	40	24	16	34	24	10	3.2	A-2-4	0	11.7	2085	42	56	70	
2 m. Izq.		7	0.25	0.80	0.55	GRAVA media a fina, arenosa, poco arcillosa	Sub-rasante	100	92	88	69	48	35	26	20	15	39	25	17	12.1	A-2-6	0	14.9	1825	10	26	38	
		-	0.80	1.00	0.20	ARENA Arcillosa	S. Nat.	-	100	98	96	89	78	62	50	39	49	28	21	12.5	A-7-6	4	30.3	1368	3	5	7	
0+153	S-4	8	0.00	0.38	0.38	GRAVA media a fina, arenosa, limosa	Revest.	100	98	90	84	69	56	48	35	25	31	23	8	2.9	A-2-4	0	11.7	2085	42	56	70	
L.C		9	0.38	0.85	0.47	Arena Gruesa a Fina, arcillosa	S. Natural	-	100	99	97	92	85	72	47	25	45	32	13	13.9	A-2-7	0	17.2	1750	9	13	17	
		-	0.85	1.00	0.15	ARENA Arcillosa	S. Nat.	-	100	98	96	89	78	62	50	39	49	28	21	12.5	A-7-6	4	30.3	1368	3	5	7	
0+201	S-5	10	0.00	0.43	0.43	GRAVA media a fina, arenosa, limosa	Revest.	97	96	91	86	71	58	45	29	19	31	26	8	2.9	A-2-4	0	11.7	2085	42	56	70	
2 m. Der.		11	0.43	1.00	0.57	ARENA Arcillosa	S. Nat.	-	100	98	96	89	78	62	50	39	49	28	21	12.5	A-7-6	4	30.3	1368	3	5	7	
0+256	S-6	12	0.00	0.50	0.50	GRAVA media a fina, arenosa, limosa	Revest.	97	96	91	86	71	58	45	29	19	33	26	7	8.1	A-2-4	0	11.7	2085	42	56	70	
2 m. Izq.		13	0.50	1.00	0.50	GRAVA gruesa a media, arenosa, arcillosa	Sub-rasante	93	89	78	72	58	48	40	28	20	38	25	13	10.4	A-2-6	0	14.9	1825	10	26	38	
0+308	S-7	14	0.00	0.25	0.25	GRAVA media a fina, arenosa, limosa	Revest.	97	96	91	86	71	58	45	29	19	33	26	8	2.9	A-2-4	0	11.7	2085	42	56	70	
L.C		15	0.25	0.50	0.25	ARENA con grava media a gruesa, arcillosa	Sub-rasante	100	95	90	83	71	63	50	31	19	39	27	12	19.2	A-2-6	0	14.9	1825	10	26	38	
		16	0.50	1.00	0.50	ARENA Arcillosa	S. Nat.	-	100	98	96	89	78	62	50	39	49	28	21	12.5	A-7-6	4	30.3	1368	3	5	7	
0+352	S-8	17	0.00	0.35	0.35	GRAVA media a fina, arenosa, limosa	Revest.	97	96	91	86	71	58	45	29	19	31	26	8	2.9	A-2-4	0	11.7	2085	42	56	70	
2 m. Der.		18	0.35	1.00	0.65	ARENA Arcillosa	S. Nat.	-	100	98	96	89	78	62	50	39	49	28	21	12.5	A-7-6	4	30.3	1368	3	5	7	
0+403	S-9	19	0.00	0.38	0.38	GRAVA media a fina, arenosa, limosa	Revest.	97	96	91	86	71	58	45	29	19	31	26	8	2.9	A-2-4	0	11.7	2085	42	56	70	
2 m. Izq.		20	0.38	1.00	0.62	ARENA Arcillosa	S. Nat.	-	100	98	96	89	78	62	50	39	49	28	21	12.5	A-7-6	4	30.3	1368	3	5	7	
0+460	S-10	21	0.00	0.25	0.25	GRAVA media a fina, arenosa, limosa	Revest.	100	97	85	79	65	54	40	24	16	34	24	10	3.2	A-2-4	0	11.7	2085	42	56	70	
L.C		22	0.25	1.00	0.75	GRAVA gruesa a media, arenosa, arcillosa	Relleno	95	83	75	70	54	42	28	18	15	44	30	14	7.5	A-2-7	0	17.2	1750	9	13	17	
0+515	S-11	23	0.00	0.25	0.25	GRAVA media a gruesa, arenosa, limosa	Revest.	100	96	86	81	66	54	39	23	16	32	25	7	2.9	A-2-4	0	11.7	2085	42	56	70	
2 m. Der.		24	0.25	0.50	0.25	ARENA con grava media a gruesa, arcillosa	Sub-rasante	100	95	90	83	71	63	50	31	19	39	27	12	19.2	A-2-6	0	14.9	1825	10	26	38	
		25	0.50	1.00	0.50	ARENA Arcillosa	S. Nat.	-	100	98	96	89	78	62	50	39	49	28	21	12.5	A-7-6	4	30.3	1368	3	5	7	

Fuente: Elaboración propia (resumen de estudios realizados por la empresa Ingeniería de Materiales, S.A.).

Los resultados de los valores de CBR del banco de préstamo del Barrio 30 de Mayo y las propiedades físico -mecánicas del material explotado se muestran a continuación en los cuadros adjuntos:

Resultados de estudios del Banco de Materiales (Barrio 30 de Mayo M-1).



Fuente: Ingeniería Técnica de Pavimento.

Resultados de estudios del Banco de Materiales (Barrio 30 de Mayo M-2).

Laboratorio De Materiales
Material: Fino Procedente del Bco. 30 de Mayo

Proyecto: Calles Para El Pueblo, Juigalpa - Chontales
 Técnico Resp: IAJ

Fecha de ensayo: 2013-04-29
 Código de Muestra: 179-013-1

Masa Seca 1454.1
 Masa Lavado Seco 538.0

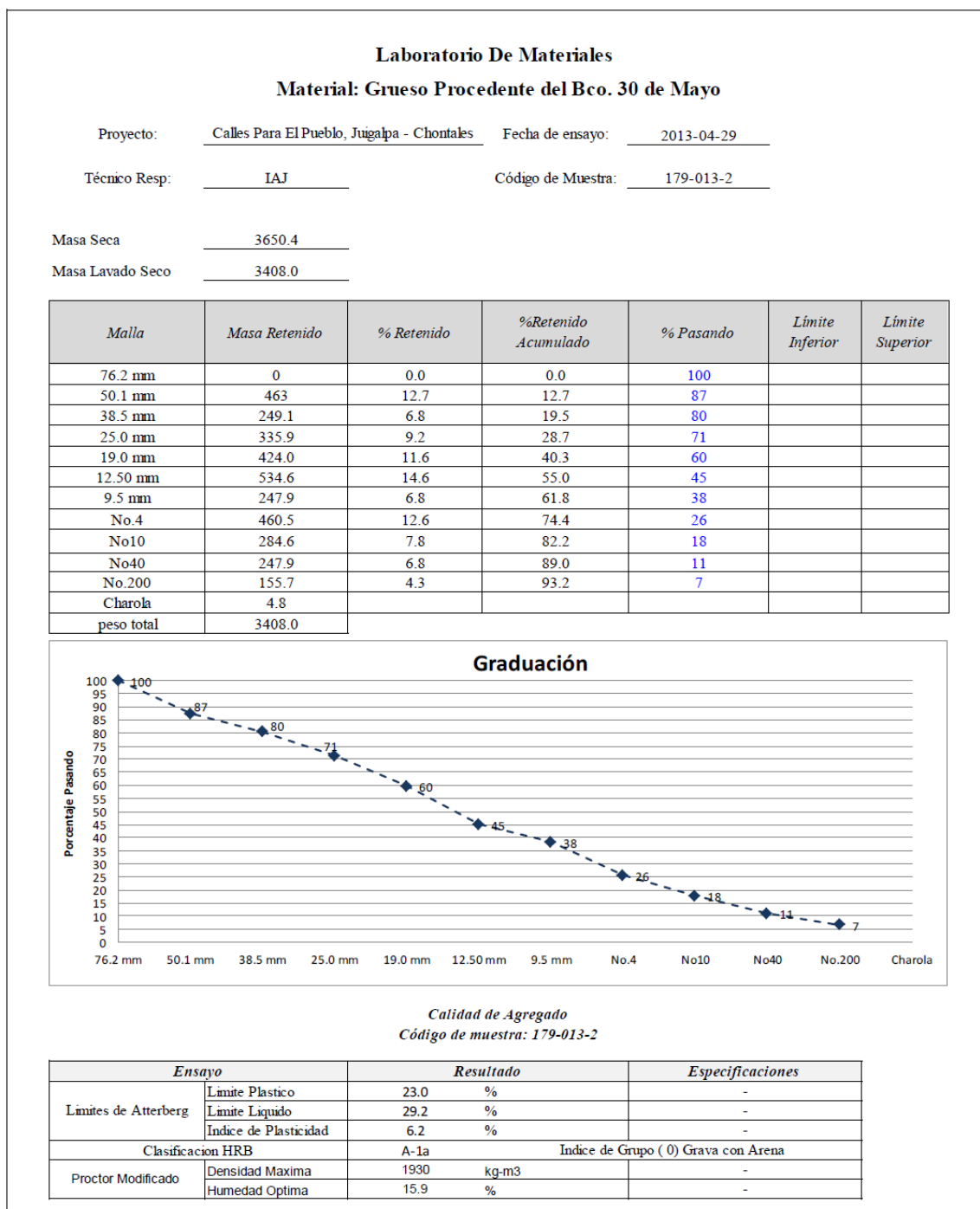
Malla	Masa Retenido	% Retenido	%Retenido Acumulado	% Pasando	Límite Inferior	Límite Superior
76.2 mm	0.0	0.0	0.0	100		
50.1 mm	0.0	0.0	0.0	100		
38.1 mm	0.0	0.0	0.0	100		
25.4 mm	0.0	0.0	0.0	100		
19.0 mm	0.0	0.0	0.0	100		
12.5 mm	0.0	0.0	0.0	100		
9.5 mm	19.2	1.3	1.3	99		
No.4	28.1	1.9	3.3	97		
No10	64.3	4.4	7.7	92		
No40	235.9	16.2	23.9	76		
No.200	189.3	13.0	36.9	63		
N°200 pasa	1.2					
Charola	538.0					

Graduación

Ensayo	Resultado	Especificaciones
Límites de Atterberg	Límite Plástico NP %	-
	Límite Líquido NP %	-
	Índice de Plasticidad NP %	-
Clasificación HRB	A-4	Índice de Grupo (0) Limo Arenosa Café Claro
Proctor Modificado	Densidad Máxima 1322 kg-m3	-
	Humedad Óptima 24.8 %	-

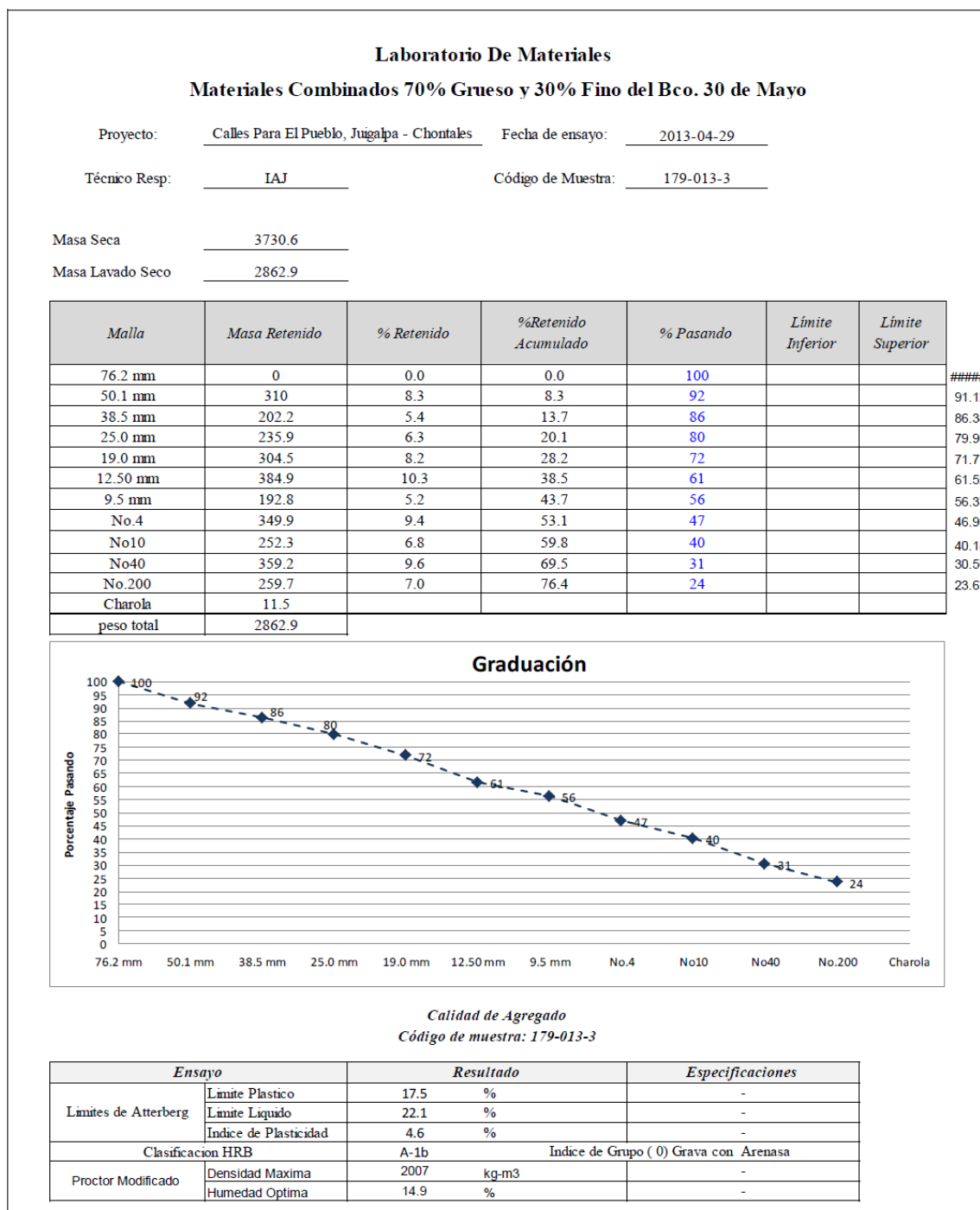
Fuente: Ingeniería Técnica de Pavimento.

Resultados de estudios del Banco de Materiales (Barrio 30 de Mayo M-3).



Fuente: Ingeniería Técnica de Pavimento.

Resultados de estudios del Banco de Materiales (Barrio 30 de Mayo M-4).



Fuente: Ingeniería Técnica de Pavimento.

A continuación se muestran los resultados de los análisis granulométricos, Límites de Atterberg, Proctor Modificado, etc realizados a la combinación de materiales finos y gruesos del banco de materiales del Barrio 30 de Mayo:

Tabla No.20: Resultados de Ensayo CBR del Banco del Barrio 30 de Mayo (Materiales Combinados Finos y Gruesos).

Densidad Máxima Kg/m ³	Humedad Óptima %	CBR			% Que pasa por el Tamiz											L.L. (%)	I.P. (%)	Clasificación	
		100%	95%	90%	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200			SUCS	AASHTO
2007	14.9	98.5	80.3	59.5	100	92	86	80	72	61	56	47	40	31	24	22.1	4.6	GM (Gravas Limosas, mezclas de grava arena y limos)	A-1b - (0)

Fuente: Ingeniería Técnica de Pavimento ITP.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.

El diseño de pavimentos consiste en determinar los espesores de las capas que conforman la superficie de rodadura. Este diseño está basado en los estudios del tránsito y las propiedades físicas y mecánicas del suelo así como otras variables descritas en este capítulo.

El método utilizado para efectuar el diseño, fue el de la AASHTO-93. Este método considera las siguientes variables:

4.1 Índice de serviciabilidad

Se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. En el diseño del pavimento se deben elegir la serviciabilidad inicial y final. La inicial, p_0 , es función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción. La final o terminal, p_t , es función de la categoría del camino y es adoptada en base a ésta y al criterio del proyectista. Para el cálculo de los espesores se utiliza la guía de la AASTHO 1993:

Índice de Servicio Inicial (p_0) = 4.2 (Rango entre 4.2 - 4.4)

Índice de Servicio Final (p_t) = 2.2 (Rango entre 2.0 – 2.5)

Índice de Servicio de Diseño = 2.0

4.2 Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)

La pérdida de la servicialidad es la diferencia que existe entre la inicial y la final. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = p_0 - p_t \quad \text{(Ecuación N° 4)}$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.2 \quad \Delta PSI = 2.0$$

4.3 Análisis de cargas y ejes equivalente para el diseño de pavimento.

Para el análisis de carga se utiliza la clasificación de los ejes de carga de cada vehículo, debido a que producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento.

Los factores de equivalencia se obtienen de las tablas de la AASHTO 93, de los ejes sencillos y dobles. Los ejes equivalentes se obtienen conociendo el tránsito de diseño y los factores de equivalencia, mediante la siguiente expresión:

$$ESAL \text{ o } W18 = TD * Factor \text{ } ESAL \quad \text{(Ecuación N° 5)}$$

Para realizar el cálculo del ESALs de diseño es necesario conocer con anticipación el peso de los vehículos que circularán por el camino durante el periodo de diseño, y el factor de equivalencia de carga. Para obtener dicho factor se considera una serviciabilidad final de 2.2, que es el valor que se recomienda para camino de tránsito menor y un coeficiente estructural de SN=5.

Tabla N° 21: Cálculo de Ejes Equivalentes de 18 kips (8.2 Ton).

Tipo de vehículo	T ₀	Peso x eje (Ton.met)	Peso x eje Kips	Tipo de eje	TD	FESAL	ESAL Diseño
Autos	1054	1.00	2.20	simple	5168,816.00	0.00038	1,965.00
		1.00	2.20	simple	5168,816.00	0.00038	1,965.00
Jeep	43	1.00	2.20	simple	210,872.00	0.00038	81.00
		1.00	2.20	simple	210,872.00	0.00038	81.00
Cam.	466	1.00	2.20	simple	2285,264.00	0.00038	869.00
		2.00	4.40	simple	2285,264.00	0.0034	7,770.00
Liv 2-5 Ton	69	4.00	8.80	simple	338,376.00	0.3346	113,221.00
		8.00	17.60	simple	338,376.00	0.9206	311,509.00
Mc Bus < 15	19	2.00	4.40	simple	93,176.00	0.0034	317.00
		4.00	8.80	simple	93,176.00	0.3346	31,177.00
Mc Bus 15-30	40	4.00	8.80	simple	196,160.00	0.3346	65,636.00
		8.00	17.60	simple	196,160.00	0.9206	180,585.00
Bus	34	5.00	11.00	simple	166,736.00	0.482	80,367.00
		10.00	22.00	simple	166,736.00	2.35	391,830.00
C2 5+ Ton	24	5.00	11.00	simple	117,696.00	0.482	56,730.00
		10.00	22.00	simple	117,696.00	2.35	276,586.00
C3	2	5.00	11.00	simple	9,808.00	0.482	4,728.00
		16.00	35.20	Doble	9,808.00	1.26	12,359.00
	1,751						1537,776.00

Fuente: Elaboración propia

Factores Esal. Ver los Anexos del Capítulo IV N° 1 y N° 2.

Para el diseño del tramo de vía en estudio se obtuvo un valor de:

$$\text{ESAL o W18} = 1,537,776.00$$

4.4 Confiabilidad (R)

Se entiende por confiabilidad de un proceso diseño-comportamiento de un pavimento a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso, se comportara satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el período de diseño. ²

La confiabilidad pretende incorporar algún grado de certidumbre al procedimiento de diseño, para asegurar que las diferentes alternativas de este se mantengan para el período de análisis. El factor de confiabilidad de diseño tiene en cuenta variaciones al azar tanto en las predicciones del tránsito como en las predicciones del comportamiento y por lo tanto proporciona un nivel predeterminado de confianza (R) en que los tramos del pavimento sobrevivirán al periodo para el cual fueron diseñados. ³

Tabla N° 22: Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO, para clasificaciones funcionales diferente.

Tipo de Camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona Urbana	Zona Rural
Rurales Interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Libro de diseño de Pavimentos AASHTO 93.

Tercera edición. Página 137.

^{2,3}Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Alfonso Montejo Fonseca. Tercera Edición. Pág 264.

Se asume un valor de confiabilidad de **R= 70%**, por estar en el rango propuesto por la AASHTO para la zona urbana y para tipo de camino local. Además porque el tránsito que utilizará esta vía es liviano y nos permitirá diseñar un pavimento con un nivel de confiabilidad óptimo entre el costo inicial del proyecto y el mantenimiento del mismo.

4.5 Desviación Estándar (S_0)

Es la variación en la predicción del comportamiento de los niveles de servicio del tránsito, teniendo en cuenta los errores en la predicción del mismo. Para la estimación de la desviación estándar, la AASHTO ha dispuesto ciertos valores que fueron desarrollados a partir de un análisis de varianza que existía en el Road Test y en base a las predicciones futuras del tránsito.

Tabla N° 23: Desviación Estándar para pavimentos rígidos y flexibles.

Condiciones de Diseño	Desviación Estándar
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.35 pavimento rígido
	0.44 pavimento flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.40 pavimento rígido
	0.49 pavimento flexible

Fuente: Libro de diseños para pavimentos. AASHTO 93.

Tercera edición. Página 135.

Para este estudio se asume un valor de **0.44** para una variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.

4.6 Coeficiente de drenaje

El drenaje de agua en los pavimentos debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas, se anticipa con el tiempo para ocasionar daños a las estructuras del pavimento.

A pesar de la importancia que se concede al drenaje en el diseño de carreteras, los métodos corrientes de dimensionamiento de pavimentos incluyen con frecuencia capas de base de baja permeabilidad y consecuentemente de difícil drenaje. El método deja en libertad al ingeniero de diseño para identificar cual nivel o calidad de drenaje se logra bajo una serie específica de condiciones de drenaje.

Tabla N° 24: Coeficientes de Drenaje para pavimentos flexibles

Calidad de drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	> 1%	1 – 5 %	5 – 25%	< 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.2
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.0
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.8
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.6
Muy Pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.70	0.4

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93. Tercera edición.

Página 148.

El valor asumido en este diseño fue del 1.0, ya que se presenta una calidad de drenaje -regular.

4.7 Módulo Resiliente

Este ensayo fue desarrollado a los efectos de estudiar una propiedad del material que describa mejor el comportamiento del suelo bajo cargas dinámicas de ruedas.⁴

Esta propiedad caracteriza los materiales de la subrasante, a través de ensayos se han podido determinar que:

$$\text{CBR} < 10 \quad \quad \quad MR(PSI) = 1500 * CBR \quad \quad \quad \text{(Ecuación N° 7)}$$

$$\text{CBR} > 20 \quad \quad \quad MR(PSI) = 4326 * \ln CBR + 241 \quad \quad \quad \text{(Ecuación N° 8)}$$

Como se determinó que el CBR de la rasante de la vía en estudio es de 5.9%, se utilizará la ecuación N° 7.

$$MR(PSI) = 1500 * 5.9 = 8850.00$$

El módulo resiliente de la base, se calculó por medio del nomograma de relación entre el coeficiente estructural (a_2) para base tratada con cemento y distintos parámetros resistentes. (Ver Anexo N° 12 Pagina XXXII)

4.8 Coeficientes estructurales o de capas.

Son factores estructurales que involucran las características físicas y propiedades de los diferentes materiales, para servir como componente estructural del pavimento.

Estos coeficientes son una medida de la capacidad relativa de cada capa como componente estructural de un pavimento, aunque directamente no sean un índice de la resistencia del material. No obstante estos coeficientes están correlacionados con distintos parámetros resistentes.⁵

⁴ Libro de diseño para pavimento AASHTO 93. Tercera Edición. Página 93.

⁵ Libro de diseño para pavimentos. AASHTO 93. Tercera Edición. Página 109.

El método de la AASHTO 93, designa la aplicación de nomogramas para la estimación de estos valores, para el diseño de pavimento articulado la SIECA establece que $a_1 = 0.45$ y para obtener a_2 se utilizó el manual de diseño de la AASHTO específicamente el nomograma que relaciona el coeficiente estructural con la resistencia a la compresión después de 7 días para bases mejoradas con cemento (Ver Anexo N° 12 Pagina XXXII).

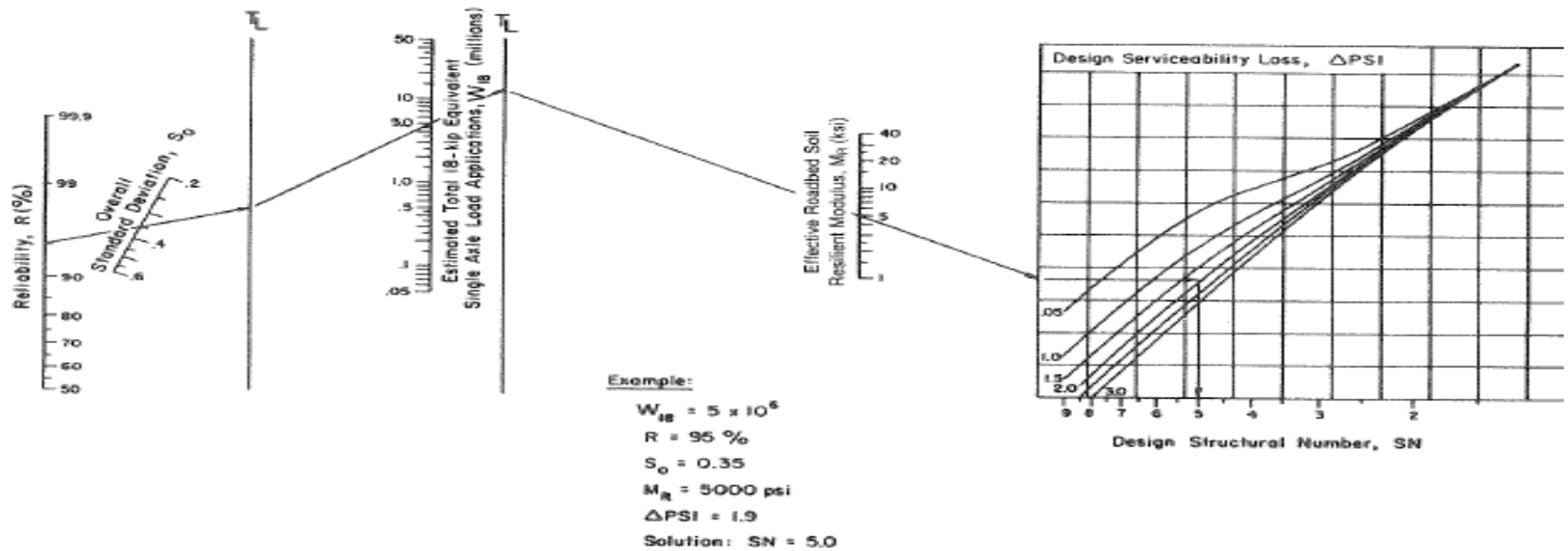
4.9 Calculo de espesores de la estructura del pavimento.

Números estructurales (SN).

Es la capacidad que posee la estructura de soportar las cargas bajo las condiciones de diseño.

Para obtener los números estructurales (SN) se hará uso del ábaco de diseño para pavimentos flexibles propuesto por la AASHTO (Ver Anexo N° 11 Pagina XXXI), donde se deben tener en cuenta variables como: Confiabilidad, desviación estándar, $esal's$ de diseño, módulo de resiliente de la capa inferior a la que se pretende calcular y la pérdida de serviciabilidad(ΔPSI).

Figura 4. Abaco de diseño AASTHO para pavimentos flexibles



Fuente: Manual de la AASHTO 1993, pág. 174

Utilizando la figura anterior se determinan los números estructurales requeridos para proteger cada capa no tratada reemplazando el módulo de resiliente de la sub rasante por el módulo de la capa que esta inmediatamente abajo.

Este criterio no es válido para determinar espesores de capas sobre otras que tengan módulo de resiliente mayor a 280 Mpa (40,000psi), por tanto no se podrá obtener SN_1 de la carpeta de adoquín, ya que el módulo de resiliente de la base es de 560,000.00 psi: en este caso la AASHTO recomienda establecer el espesor de la capa basándose en las relaciones costo-beneficio y en los espesores mínimos.

Tabla No.25. Espesores Mínimos Sugeridos por capas

Numero de ESAL'S	Concreto Asfáltico(cm)	Base Granular(cm)
Menos de 50,000.00	2.50	10.00
50,000.00 a 150,000.00	5.00	10.00
150,000.00 a 500,000.00	6.50	10.00
500,000.00 a 2,000,000.00	7.50	15.00
2,000,000.00 a 7,000,000.00	9.00	15.00
Más de 7,000,000.00	10.00	15.00

Fuente: Manual de diseño de pavimento AASHTO 1993, pág. 175

En este caso la capa de rodamiento será adoquín y el espesor $D_1=4$ pulg.

Conociendo el espesor de la capa de rodamiento y el coeficiente estructural a_1 podemos conocer el número estructural corregido (SN_1^*), donde:

$$SN_1^* = a_1 \times D_1$$

$$SN_1^* = 0.45 \times 4 \text{pulg}$$

$$SN_1^* = 1.80$$

El SN_2 para la base se obtuvo graficando el módulo de resiliente de la subrasante (Ver Anexo N° 11 Pagina XXXI), no se considera una capa de subbase ya que solo tenemos disponible en la ciudad de Juigalpa el Banco de materiales del barrio 30 de Mayo y el revestimiento existente en la calle proviene de este mismo banco. Obteniendo $SN_2=3.1$ pulg. Por lo tanto el espesor de la base será:

$$SN_2 = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2$$

$$\text{Al despejar } D_2 = (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \times m_2)$$

$D_2 = (3.1 - 1.80) / (0.139 \times 1)$ entonces $D_2 = 9.35$ pulg. Este valor cumple con el espesor mínimo de 6 pulg. (Ver Tabla No. 25)

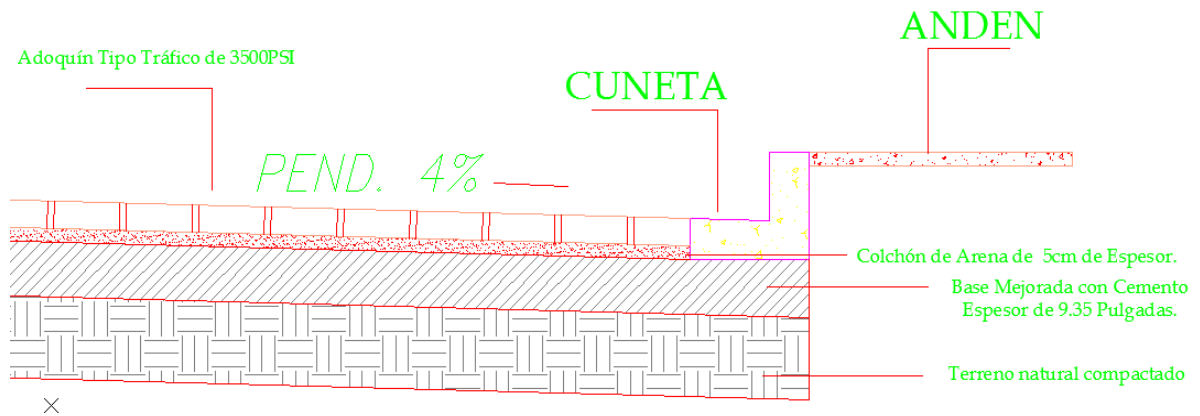
El numero estructural SN_2^* corregido será;

$$SN_2^* = a_2 \times D_2^* \times m_2 \text{ entonces } SN_2^* = 0.139 \times 9.35 \times 1 = 1.30 \text{ pulgadas.}$$

$$SN \text{ requerido} \leq SN_1^* + SN_2^* \text{ entonces } 3.10 \leq 1.80 + 1.30$$

$3.1 \leq 3.10$ en resume se ha obtenido como resultado la siguiente estructura de pavimento:

Figura 5: Estructura de Pavimento.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 26: Resumen de datos para calcular espesores en el programa Pavement Analysis Software versión 3.3

VARIABLES	VALORES
ESAL's	1,537,776.00
Confiabilidad	70%
Desviación Estándar	0.45
Servicialidad Inicial	4.2
Servicialidad Final	2.2
Coeficiente de Drenaje	1.00
Coeficiente de capa a1	0.45
Coeficiente de capa a2	0.14

Fuente: Elaboración propia.

Ingreso de datos al sistema

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Pavement Analysis: AASHTO '86 Design Equations READY Page: 6

**** Flexible Pavement Analysis ****

[1] Design E 18's      1,537.776
[2] Reliability        70.00
[3] Overall Deviation  0.45

[4] Soil Resilient Mod. 8,850.0
[5] Initial Serviceability 4.20
[6] Terminal Serviceability 2.20

Flexible Structural Number 3.01

Press Enter to Continue or <↑↓←> to Edit your Inputs

Special Keys: F1: HELP F2: EXIT F5: MENU <PgUp> <PgDn> <↑↓←>
  
```

Resultado de datos procesados.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Pavement Analysis: Flexible Thickness Determination READY Page: 7

Layer Number   Layer Coefficient   Drainage Coefficient   Layer Thickness   a(i)*Cd*t   Thickness Needed
=====
Upper          0.45               1.00                 4.00              1.80
2              0.14               1.00                 9.00              1.26
3
4
5
6

=====
SN Required = 3.06 3.01 <Ok>

Press [F10] to Clear an Input & <PgDn> to Continue when finished.

Special Keys: F1: HELP F2: EXIT F5: MENU <PgUp> <PgDn> <↑↓←>
  
```

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados inicialmente se ha concluido que:

➤ En el estudio Geotécnico.

Se ejecutaron 11 sondeos manuales, los cuales detallan la presencia de un material A-2-4(0), o una grava de media a fina, arenosa, limosa en el estrato superior de la calle, cuyos espesores varían entre 0.25mts a 0.50mts.

La subrasante fue definida a una profundidad de 0.50mts y está compuesta en su mayoría por un suelo A-2-6(0) o una grava de gruesa a media arenosa arcillosa, el CBR de diseño es de 5.9%.

Luego de analizar la terracería existente, en base a las especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes, NIC-2000, este material no puede ser utilizado como base granular en una estructura de pavimento flexible, por lo que se deberá mejorar con cemento, de tal manera que la mezcla adquiera una resistencia a la compresión mínima de 270 psi después de 7 días de curado.

➤ En el estudio de Tránsito.

El estudio de tránsito refleja que la afluencia vehicular es predominante de vehículos livianos equivalente a un 95.80% y con menos afluencia los vehículos pesados para un 4.20 %, el TPDA es de 3074 vehículos por día. Dentro de los factores de diseño se encuentra la tasa de crecimiento vehicular, la cual se estimó en 3.00% tomando en cuenta la información proporcionada por la dirección de tributaciones de la Alcaldía de Juigalpa. De acuerdo a las proyecciones realizadas para el diseño de pavimento flexible el número de repeticiones por eje equivalente ESAL's o W18 obtenido fue **1,537,776.00**.

- .
- En el diseño de pavimento Flexible.

En el diseño de la estructura de pavimento flexible se utilizó el método de la AASHTO, se hizo de manera manual y a través del programa computarizado Pavement Analysis Software versión 3.3 obteniendo los siguientes resultados:

Una estructura de pavimento constituida por 2 capas: la de rodadura con adoquín tipo tráfico de 3500PSI, y la base granular estabilizada con cemento. Debido a que el material necesario para esta se extraerá de un solo banco de préstamo, no se propone subbase.

Espesores calculados:

- Una capa de rodadura de 4 Pulgadas equivalentes al adoquín.
- Una capa de base 9.35 Pulgadas.

El material requerido en la capa base se deberá estabilizar con cemento, con una proporción del 3% para alcanzar una resistencia mínima de 270 PSI.

5.2 RECOMENDACIONES

Con el objetivo de garantizar que la infraestructura vial propuesta, cumpla con la vida útil, se recomiendan lo siguiente:

1- A partir de los resultados obtenidos de las muestras de suelo, concluimos que el suelo no cumple con las normas de la AASHTO para ser usado como base, se recomienda que el material en la capa de base se estabilice con cemento, con una proporción del 3% para alcanzar una resistencia mínima de 270 PSI, tomando en cuenta que es el mínimo establecido en la sección 1003.23-II.d de la NIC-2000, a los 7 días de edad con una mezcla compactada al 95% de proctor modificado.

Se procederá a cortar el material existente en la calle, en una altura promedio de 0.15m (espesor correspondiente a la capa de rodadura con adoquín y el colchón de arena), con el fin de llegar a niveles de base terminada y garantizando que la calle este perfilada tanto transversalmente como longitudinalmente, posteriormente se procederá a escarificar el material existente en la base hasta llegar a una profundidad de 9.35 pulgadas.

Distribuir el cemento sobre el suelo por tratar, la distribución deberá ser en las cantidades que han sido definidas previamente en los ensayos de laboratorio.

Mezclar el suelo con el cemento y aplicar la cantidad correcta de agua para una buena compactación y para la adecuada hidratación del cemento. En esta etapa se deberá garantizar que la mezcla del material se encuentre libre de cualquier agente contaminante. Luego del mezclado se procede a la compactación inmediata del material, hasta alcanzar una densidad máxima del 98% del proctor estándar.

2- Para garantizar el buen funcionamiento y duración de vida útil de la carpeta y estructura de pavimento, se deben mantener un buen sistema de drenaje pluvial además de realizar mantenimientos periódicos de manera preventiva, que también evita los altos costos del mantenimiento correctivo y/o rehabilitación.

3- El adoquín a usarse, incluyendo las “cuchillas”, será el denominado TIPO TRAFICO, cuya resistencia característica a los 28 días no deberá ser menor a los siguientes valores:

Tipo 2 (Tráfico Liviano): 250 Kg/ cm² (3500 psi)

El adoquín no deberá presentar en su superficie fisuras ni cascaduras, cavidades, ni tener materiales extraños tales como piedras, trozos de madera o vidrio embebidos en su masa. Las aristas deberán ser regulares y la superficie no deberá ser extremadamente rugosa. El tamaño de los adoquines deberá adecuarse a las especificaciones NIC.2000

Realizar pruebas de resistencia a los adoquines, así como a la mezcla de material estabilizado, para comprobar que cumple las especificaciones técnicas propuestas en el presente documento.

Garantizar que los materiales a utilizarse sean adquiridos en fábricas certificadas, como una forma de asegurarse de que cumplan con la calidad requerida.

Antes de iniciar el transporte de los adoquines al Proyecto, se someterán muestras representativas de los mismos al Ingeniero, a fin de que éste pueda autorizar su uso, si llenan los requisitos de calidad y resistencia. A este efecto, se suministrará certificado de un laboratorio de materiales o certificado del fabricante en que se haga constar que los lotes de adoquines destinados al Proyecto han sido debidamente muestreados (al azar) tomando no menos de 10 muestras por cada orden de menos o igual de 20,000 bloques. La selección de los adoquines para el muestreo deberá ser hecho en la planta de fabricación de

los adoquines y las pruebas se referirán a la exactitud dimensional, a la uniformidad, a la sanidad de los adoquines tanto como a la resistencia a la compresión.

El cálculo de la resistencia característica a la compresión se hará por medio de la desviación estándar de la muestra de los 10 especímenes tomados del lote, cuya fórmula es la siguiente:
dónde:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f_i - f_m)^2}{n-1}}$$

$$f_k = f_m - 1.64S$$

En dónde;

n; Número de muestras sometidas a la prueba (n=10).

f_i; valor de la resistencia obtenida de manera sucesiva de cada una de las muestras sometidas a la prueba de ruptura.

f_m; Valor del promedio (media aritmética) de la resistencia a la compresión de los valores de la diez muestras sometidas a la prueba de ruptura.

S; Desviación estándar de los valores de la resistencias de las muestras.

f_k; Resistencia característica de los valores obtenidos sometidos a la prueba de ruptura.

5.3 BIBLIOGRAFÍA

- 1- Alfonso Montejo Fonseca. Ingeniería de Pavimentos para Carretera. 2da Edición, año 2001.
- 2- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO-93). Design Procedure For New Paviments, Tercera Edición.
- 3- Ing. Jorge Coronado Iturbide. Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. (Sistema de Integración Económica Centroamericana-SIECA).
- 4- MTI, Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes. NIC 2000. Año 1999.

- **Programa Computarizado:**

PAVEMENT DESIGN & ANALYSIS:

Created by Thomas P. Harman, M.S. C.E In Conjunction with Randell C. Riley. P.E & William Feltz. F.E. American Concrete Pavement Association.

The Ohio Ready Mixed Concrete Association. <Version 3.3><Copyright 1988>

ANEXOS

ANEXO 1: GLOSARIO



ABRASIÓN: Desgaste mecánico de agregados y rocas resultante de la fricción y/o impacto.

ABSORCIÓN: Fluido que es retenido en cualquier material después de un cierto tiempo de exposición (suelo, rocas, maderas, etc.).

ACARREO: Transporte de materiales a diferentes distancias en el área de la obra.

ACCESO: Ingreso y/o salida a una instalación u obra de infraestructura vial.

ACERA: Parte de una vía urbana o de un puente destinada exclusivamente al tránsito de peatones. También se denomina vereda.

ADOQUÍN: Piedra labrada, concreto u otro material en forma de un prisma para uso en pavimentos.

ADOQUINADO: Tipo de pavimento cuya superficie de rodadura está formada por adoquines.

AGLOMERANTE: Material capaz de unir partículas de material inerte por efectos físicos o transformaciones químicas o ambas.

AGREGADO: Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

AGREGADO BIEN GRADUADO: Agregado cuya gradación va desde el tamaño máximo hasta el de un relleno mineral y que se encuentra centrado a una curva granulométrica especificada.

AGREGADO FINO: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.

AGREGADO GRUESO: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).

ALTITUD: Altura o distancia vertical de un punto superficial del terreno respecto al nivel del mar. Generalmente se identifica con la sigla “msnm” (metros sobre el nivel del mar).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO O MECÁNICO: Procedimiento para determinar la granulometría de un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

ARCILLAS: Partículas finas con tamaño de grano menor a 2 μm (0,002 mm) provenientes de la alteración física y química de rocas y minerales.

ARENA: Partículas de roca que pasan la malla N° 4 (4,75 mm.) y son retenidas por la malla N° 200.

ASENTAMIENTO: Desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía.



BACHE: Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.

BACHEO: Actividad de mantenimiento rutinario que consiste en rellenar y compactar los baches o depresiones que pudieran presentarse en la superficie de rodadura.

BANCO DE MATERIALES: Material que se encuentra en depósitos naturales y usualmente mezclado en mayor o menor cantidad con material fino (arenas, arcillas) que da lugar a bancos de gravas arcillosas, gravas arenosas.

BASE: Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una subbase o de la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños. La base es parte de la estructura de un pavimento.

BERMA: Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

BOMBEO: Inclinação transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.



CALICATA: Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

CAMINO: Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados y no motorizados, peatones y animales, con excepción de las vías férreas.

CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO: Es la resistencia admisible del suelo de cimentación considerando factores de seguridad apropiados al análisis que se efectúa.

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA DEL TERRENO: Es la presión requerida para producir la falla del terreno, sin considerar factores de seguridad.

CARRETERA: Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes e Infraestructura.

CARRETERA NO PAVIMENTADA: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

CARRETERA PAVIMENTADA: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible), de concreto Pórtland (rígida) o de adoquín (semiflexible).

CARRIL: Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

CAUCE: Lecho de ríos, quebradas y arroyos.

CBR (California Bearing Ratio): Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.

CEMENTO PORTLAND: Es un producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de yeso natural.

CEMENTO PORTLAND TIPOS: a) Tipo I: Para usos generales en la construcción, donde no se requiere tenga propiedades especiales; b) Tipo II: Para uso general y donde se requiere resistencia moderada a la acción de los sulfatos y un moderado calor de hidratación; c) Tipo III: Para uso en obras donde

se requiera una alta resistencia inicial; d) Tipo IV: Para uso en obras donde se requiere un bajo calor de hidratación; y e) Tipo V: Para uso en obras donde se requiere una alta resistencia a los sulfatos.

CIMENTACIÓN: Parte de una estructura que transmite cargas al terreno de fundación.

CÓDIGO DE RUTA: Identificación simplificada de una vía del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

COHESIÓN: La resistencia al corte de un suelo, a una tensión normal.

COMPACTACIÓN: Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de suelos, mezclas bituminosas, morteros y concretos frescos de cemento Portland.

CONCRETO: Mezcla de material aglomerante y agregados fino y grueso. En algunos casos se agrega aditivos para proporcionarle cualidades que no poseen y en otros para mejorar los que poseen.

CONCRETO ASFÁLTICO: Mezcla procesada, compuesta por agregados gruesos y finos, material bituminoso y de ser el caso aditivos de acuerdo a diseño y especificaciones técnicas. Es utilizada como capa de base o de rodadura y forma parte de la estructura del pavimento.

CONCRETO CICLÓPEO: Concreto Portland al que se adiciona piedra grande o mediana en porcentajes según diseño. Por lo general se utiliza en estructuras de gran volumen.

CONCRETO PORTLAND: Mezcla de material aglomerante (cemento Portland y agua) y agregados fino y grueso. Pueden contener aditivos para darle cualidades de que carecen o para mejorar las que poseen.

CONSTRUCCIÓN: Ejecución de obras de una vía nueva con características geométricas acorde a las normas de diseño y construcción vigentes.

CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO: Es el contenido de humedad al cual un suelo O material granular al ser compactado utilizando un esfuerzo especificado proporciona una máxima densidad seca. El esfuerzo puede ser estándar O modificado.

CONTENIDO DE HUMEDAD: Volumen de agua de un material determinado bajo ciertas condiciones y expresado como porcentaje de la masa del elemento húmedo, es decir, la masa original incluyendo la sustancia seca y cualquier humedad presente.

COORDENADAS DE REFERENCIA: Referencias ortogonales Norte-Sur adoptadas para elaborar los planos de topografía y de diseño del proyecto.

CORTE (directo): Ensayo según el cual un suelo sometido a una carga normal falla al moverse una sección con respecto a otra.

COTA: Altura de un punto sobre un plano horizontal de referencia.

COTA DE RASANTE: Valor numérico de un punto topográfico que representa el nivel terminado o rasante referido a un BENCH MARK (BM).

COTA DE TERRENO: Valor numérico de un punto topográfico del terreno referido a un BENCH MARK (BM).

CURVA DE COMPACTACIÓN (curva de Proctor): Representación gráfica que relaciona el peso unitario seco (densidad) y el contenido de agua del suelo para un determinado esfuerzo de compactación.

CURVA DE NIVEL: Línea definida por la intersección del terreno con un plano horizontal estableciéndose una cota determinada, la curva de nivel une puntos de igual cota.

CURVA DE TRANSICIÓN: Curva en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular, o entre dos circulares de radio diferente.

CURVA GRANULOMÉTRICA: Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados.

CURVA HORIZONTAL: Curva circular que une los tramos rectos de una carretera en el plano horizontal.

CURVA HORIZONTAL DE TRANSICIÓN: Trazo de una línea curva de radio variable en planta, que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular o entre dos curvas circulares de radio diferente.

CURVA VERTICAL: Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente



DERECHO DE VÍA: Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario. Su ancho se establece mediante resolución del titular de la autoridad competente respectiva.

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO: Proceso de medición por peso o por volumen de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto y mortero.



EJE DE LA CARRETERA: Línea longitudinal que define el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. Para el caso de autopistas y carreteras duales el eje se ubica en el centro del separador central.

ELEMENTOS VIALES: Conjunto de componentes físicos de la vía, tales como superficie de rodadura, bermas, cunetas, obras de drenaje, elementos de seguridad vial.

EMPALME: Conexión de una carretera con otras, acondicionada para el tránsito vehicular.

ENSAYO DE COMPRESIÓN: Ensayo para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión.

ENSAYO DE PENETRACIÓN (Sonda de Windsor): Medidor de dureza. El aparato consiste en una pistola activada por pólvora que clava una sonda de aleación dentro del concreto. Se mide la longitud expuesta de la sonda y se la relaciona con una tabla de calibración para obtener la resistencia a compresión del concreto.

ESCORRENTÍA: Agua de lluvia que discurre por la superficie del terreno.

ESPECIFICACIONES ESPECIALES: Adiciones, revisiones y complementos a las Especificaciones Generales, que se generan para una obra específica individual y son aplicables solo a ella. El Proyectista es el autor y responsable de la emisión de estas Especificaciones Especiales.

ESPECIFICACIONES GENERALES: Definen las diferentes partidas susceptibles a considerar en un proyecto de infraestructura vial, incluyendo aspectos tales como descripción de las actividades, procedimientos o métodos de construcción, recursos de personal, equipo y materiales a emplear, requisitos técnicos, control de calidad, métodos de medición y forma de pago.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS: Mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en las superficies de rodadura o capas inferiores de la carretera, y son conocidas como suelo cemento, suelo cal y otros diversos.

ESTUDIO DE SUELOS: Documento técnico que engloba el conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tiene por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las solicitaciones de carga.



FATIGA: Reducción gradual de la resistencia de un material debido a solicitaciones repetidas.

FINOS: Porción del agregado fino o suelo que pasa la malla N° 200 (0,074 mm).

FISURA: Fractura fina, de varios orígenes, con un ancho igual o menor a 3 milímetros.

FLUJO DE TRÁNSITO: Movimiento de vehículos que se desplazan por una sección dada de una vía, en un tiempo determinado.

FRAGUADO: Proceso de una mezcla de concreto o mortero para alcanzar progresivamente la resistencia de diseño.



GRANULOMETRÍA: Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.

GRAVA: Agregado grueso, obtenido mediante proceso natural o artificial de los materiales pétreos.

GRIETA: Fractura, de variados orígenes, con un ancho mayor a 3 milímetros, pudiendo ser en forma transversal o longitudinal al eje de la vía.



IMPACTO AMBIENTAL: Alteración o modificación del medio ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza, que incluye los impactos socio-ambientales.

IMPERMEABILIDAD: Capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso de aire y agua dentro o a través del mismo.

INESTABILIDAD: Pérdida de resistencia a las fuerzas que tienden a ocasionar movimiento o distorsión de una estructura del pavimento.

INFRAESTRUCTURA VIAL DE CARRETERAS: Toda carretera que conforma o no el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

INFRAESTRUCTURA VIAL PÚBLICA: Todo camino, arteria, calle o vía férrea, incluidas sus obras complementarias, de carácter rural o urbano de dominio y uso público.

INTEMPERISMO: Efectos producidos por la intemperie (a cielo descubierto, sin techo).

INTERSECCIÓN: Caso en que dos o más vías se interceptan a nivel o desnivel.



JUNTA: Separación establecida entre dos partes contiguas de una obra, para permitir su expansión o retracción por causa de las temperaturas ambientes.

L

LADERA: Terreno de mediana o fuerte inclinación donde se asienta la carretera.

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: Conjunto de operaciones de medidas efectuadas en el terreno para obtener los elementos necesarios y elaborar su representación gráfica.

LÍMITE LÍQUIDO: Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

LÍMITE PLÁSTICO: Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.

LIMOS: Partículas de roca o minerales cuyas dimensiones están entre 0,02 y 0,002 mm.

M

MALLA: Abertura cuadrada de un tamiz.

MANTENIMIENTO VIAL: Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica.

MATERIA ORGÁNICA: Son compuestos carbonáceos existentes en el suelo, tales como turba, lodos orgánicos y suelos que contengan materia vegetal.

MATERIAL DE PRÉSTAMO COMPENSADO: Es aquel que corresponde a compensaciones de materiales adecuados para su uso en las explanaciones, de cortes con rellenos, dentro de la distancia denominada “libre de transporte”.

MATERIAL DE PRÉSTAMO LATERAL: Material de características apropiadas para su uso en la construcción de las explanaciones, que provienen de bancos y canteras naturales adyacentes a la explanada de la carretera.

MATERIAL DE PRÉSTAMO PROPIO: Material adecuado para las explanaciones, proveniente de los cortes para ser utilizado en rellenos, transportado fuera de la distancia denominada “libre de transporte”.

MÁXIMA DENSIDAD SECA: Máximo valor de densidad seca definido por la curva de compactación para un esfuerzo especificado (estándar O modificado).

MÓDULO RESILIENTE (Suelos): Esfuerzo repetido axial de desviación de magnitud, duración y frecuencias fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado.

MORTERO: Conglomerado o masa constituida por arena, conglomerante (bituminoso o cemento Pórtland), agua y puede contener aditivos.

MUESTRAS DE CAMPO: Materiales obtenidos de un yacimiento, de un horizonte de suelo y que se reduce a tamaños, cantidades representativos y más pequeñas según procedimientos establecidos.

MUESTREO: Investigación de suelos, materiales, asfalto, agua etc., con la finalidad de definir sus características y/o establecer su mejor empleo y utilización.

N

NIVELES DE SERVICIO: Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.



OBRA: Infraestructura vial ejecutada en un ÁREA DE TRABAJO, teniendo como base un Expediente Técnico aprobado, empleando generalmente recursos: mano de obra, materiales y equipo.



PASO DE PEATONES: Zona transversal al eje de una vía, destinada al cruce de peatones mediante regulación de la prioridad de paso.

PATRIMONIO VIAL: Conjunto de caminos, arterias, calles o vías férreas, incluidas sus obras complementarias, que con su respectivo derecho de vía conforman la estructura vial de uso y dominio público susceptible de valorización.

PAVIMENTO: Estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y rodadura.

PAVIMENTO FLEXIBLE: Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos.

PAVIMENTO RÍGIDO: Constituido por cemento Portland como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivos.

PENDIENTE DE LA CARRETERA: Inclinación del eje de la carretera, en el sentido de avance.

PERALTE: Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

PERMEABILIDAD: Capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.

POROSIDAD: Propiedad de un cuerpo que se caracteriza por la presencia de vacíos en su estructura.

PRESIÓN ADMISIBLE: Máxima presión que la cimentación puede transmitir al terreno sin que ocurran asentamientos mayores a lo admisible, según lo especifique la norma del diseño respectiva.

PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN: Es la cota o estrato del terreno de fundación de la estructura de una obra.

PROGRAMA DE EJECUCIÓN: Documento en el que consta la programación por periodos determinados de tiempo para la ejecución de un estudio u obra.

R

RAMPA: Ramal de intercambio con pendiente, destinado a empalmar una vía con otra a niveles diferentes.

RASANTE: Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.

RED VIAL: Conjunto de carreteras que pertenecen a la misma clasificación funcional (Nacional, Departamental o Regional y Vecinal o Rural)

REHABILITACIÓN: Ejecución de las obras necesarias para devolver a la infraestructura vial sus características originales y adecuarla a su nuevo periodo de servicio; las cuales están referidas principalmente a reparación y/o ejecución de pavimentos, puentes, túneles, obras de drenaje, de ser el caso movimiento de tierras en zonas puntuales y otros.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN: Ensayo de resistencia a la compresión que se realiza colocando una muestra cilíndrica en una prensa al que se le aplica una fuerza hasta la rotura de la muestra o testigo.

ruta: Carretera definido entre dos puntos determinados, con origen, itinerario y destino debidamente identificados.



SECCIÓN TRANSVERSAL: Representación gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas.

SECTOR: Parte continúa de un tramo.

SEPARADOR: Espacio o dispositivo estrecho y ligeramente saliente, distinto de una franja o línea pintada, situado longitudinalmente para separar el tránsito de la misma o distinta dirección y dispuesto de tal forma que intimide e impida el paso de vehículos entre calzadas o carriles.

SOCAVAR: Erosión de la cimentación de una estructura u otro elemento de la vía por la acción del agua.

SUBBASE: Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base.

SUBRASANTE: Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

SUELO ARCILLOSO: Conformado por arcillas o con predominancia de éstas. Por lo general, no es adecuado para el tránsito vehicular.

SUELO ARENOSO: Conformado por arena o con predominancia de ésta. Por lo general, no es adecuado para el tránsito vehicular.

SUELOS EXPANSIVOS: Suelos que al ser humedecidos sufren una expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

SUELOS INALTERADOS (No disturbados): Generalmente son cohesivos que conservan su estructura y humedad

SUPERESTRUCTURA: Componente estructural que recibe en forma directa las cargas vehiculares que circulan por el puente; conformada por diferentes tipos de elementos metálicos, de concreto, madera y otros.

SUPERFICIE DE RODADURA: Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma.



TALUD: Inclinação de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes.

TAMIZ: Aparato, en un laboratorio, usado para separar tamaños de material, y donde las aberturas son cuadradas.

TRAMO: Parte continúa de una carretera.

TRÁNSITO: Actividad de personas y vehículos que circulan por una vía

U

USUARIO: Persona natural o jurídica, pública o privada que utiliza la vía pública.

V

VEHÍCULO: Cualquier componente del tránsito cuyas ruedas no están confinadas dentro de rieles.

VEHÍCULO LIVIANO DE USO PRIVADO (Ligero): Vehículo automotor de peso bruto hasta 1,5 t.

VEHÍCULO LIVIANO: Vehículo automotor de peso bruto mayor a 1,5 t hasta 3,5 t.

VEHÍCULO PESADO: Vehículo automotor de peso bruto mayor a 3,5 t

VELOCIDAD DE DISEÑO: Máxima velocidad con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto.

VELOCIDAD DE OPERACIÓN: Máxima velocidad autorizada para la circulación vehicular en un tramo o sector de la carretera.

VÍA: Camino, arteria o calle.

VÍA URBANA: Arterias o calles conformantes de un centro poblado.

VIDA ÚTIL: Lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido.

ANEXO 2: ABREVIATURAS

AASHTO: Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportación.

ASTM: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (Ing. American Society For Testing and Materials).

CBR: California Bearing Ratio.

CORASCO: Corea y Asociados S.A.

CREC: Crecimiento.

ESAL: Ejes de Cargas Estándar Equivalentes.

FC= Factor de Crecimiento

FD= Factor de Distribución Direccional

fc= Factor Carril

GC: Grava arcillosa. Clasificación SUCS de los suelos.

INTUR: Instituto Nacional de Turismo.

IMS: Ingeniería de Materiales y Suelos. Laboratorio de suelos.

MTI: Ministerio de Transporte e Infraestructura.

MR= Módulo resiliente.

M1: Muestra 1.

M2: Muestra 2.

M3: Muestra 3.

M4: Muestra 4.

M5: Muestra 5.

NP: No Plástico.

N°: Número.

OL: Limos y arcillas orgánicas. Clasificación SUCS de los suelos.

PIB: Producto Interno Bruto.

PSI= Libras por pulgada cuadrada.

SC: Arena arcillosa. Clasificación SUCS de los suelos.

SN= Coeficiente estructural.

SIECA: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos)

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

TAC: Tasa Anual de Crecimiento.

TPD: Tránsito Promedio Diario.

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

Ton= Toneladas.

VA= Vehículos agrícolas.

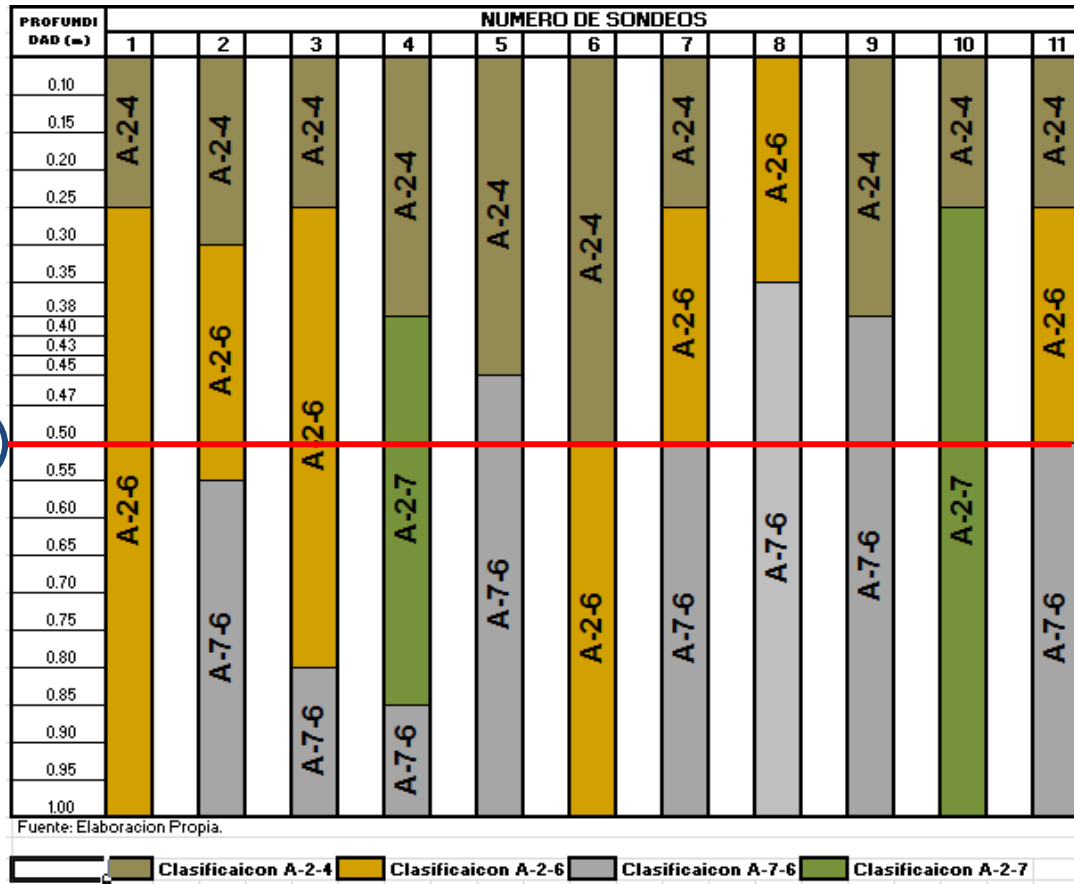
VPD: Vehículos por día.

ANEXO No.3: Situación Actual de la Vía en la estación 0+030.



Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO No.4: Columna estratigráfica de los sondeos de línea del tramo en estudio.



Fuente: Elaboración Propia.

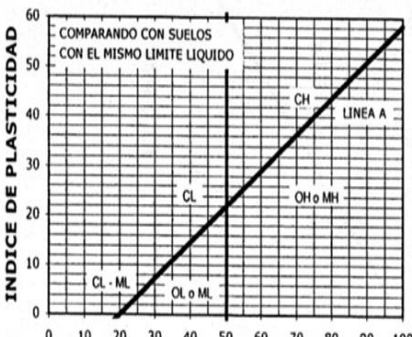
ANEXO 5: Clasificación de suelos, según AASHTO.

Clasificación General	Materiales Granulares (35 ó menos pasan la malla No. 200)							Materiales Limo-Arcilla (Más del 35% pasan malla No. 200)			
Clasificación por Grupos y Sub-Grupos	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Análisis de Mallas, (%) que pasan por la: No. 10.... No. 40.... No. 200....	50 Máx. 30 Máx. 15 Máx.	50 Máx. 25 Máx.	51 Mín. 10 Máx.	35 Máx.	35 Máx.	35 Máx.	35 Máx.	36 Mín.	36 Mín.	36 Mín.	36 Mín.
Característica de la fracción que pasan la malla No. 40											
Límite Líquido (%)				40 Máx.	41 Máx.	40 Máx.	41 Mín.	40 Máx.	41 Mín.	40 Máx.	41 Mín.
Índice de Plasticidad (%)	6 Máx.		N.P	10 Máx.	10 Máx.	11 Mín.	11 Mín.	10 Máx.	10 Máx.	11 Mín.	11 Mín.
Índice de Grupo	0		0	0		4 Máx.		8 Máx.	12 Máx.	16 Máx.	20 Máx.
Tipos usuales de materiales constituyentes significativos	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena Fina	Grava y Arena Limosas y Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Clasificación General como Sub-rasante	Excelente a Bueno					Regular a Pobre					
PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACION: Con los datos requeridps y disponibles de prueba, procédase de Izquierda a Derecha en la carta y, por proceso de eliminación se encontrará el grupo correcto. El primer grupo de la Izquierda, en el cual coinciden los datos de las pruebas, será la Clasificación correcta.											
El I.P. del sub-grupo A-7-5 es igual o menor que el LL. menos 30.											
El I.P. del sub-grupo A-7-6 es mayor que el LL. menos 30.											
IG = (F - 35) [0.2 + 0.005(LL-40)] + 0.01(F - 15) (IP - 10)											

Fuente: Guía para el Diseño de pavimentos. AASHTO 93.

















ANEXO 6: Clasificación de suelos, según SUCS.

Sistema USCS de Clasificación de Suelos

IDENTIFICACION EN EL CAMPO				SÍMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO									
<div>UTILICESE LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO INDICADAS EN LA COLUMNA DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO</div> <div>DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA A PARTIR DE LA CURVA GRANULOMETRICA SEGUN EL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE: GW, GP, SW, SP, GM, GC, SM, SC CASOS LIMITES QUE REQUEREN EL EMPLEO DE SIMBOLOS DOBLES MENOS DEL 5% MAS DEL 12% 5% AL 12%</div>						GRAVAS - MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA ES RETENIDA POR EL TAMIZ # 4		GRAVAS LIMPIAS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 4 ; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ ENTRE 1 Y 3					
						GRAVAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)		FRACCION FINA NO PLASTICA (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML, MAS ABAJO)		POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON I_p ENTRE 4 Y 7; CASOS LIMITES QUE REQUEREN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES					
						FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)		GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA		LIMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O I_p MAYOR QUE 7					
						ARENAS - MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA PASA POR EL TAMIZ # 4		ARENAS LIMPIAS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 6 ; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ ENTRE 1 Y 3					
						ARENAS CON FINO (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)		FINOS NO PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)		POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON I_p ENTRE 4 Y 7; CASOS LIMITES QUE REQUEREN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES					
						FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)		ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE ARENAS O ARCILLAS		LIMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O I_p MAYOR QUE 7					
						METODOS DE IDENTIFICACION PARA LA FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 40									
						SUELOS DE GRANO FINO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TAMIZ # 200		LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50		RESISTENCIA EN ESTADO SECO (A LA DISGREGACION)	DILATANCIA (REACCION A LA AGITACION)	TENACIDAD (CONSISTENCIA CERCA DEL LIMITE PLASTICO)		<div>LINEA A: $I_p = 0.73(WL - 20)$</div> 	
										NULA A LIGERA	RAPIDA A LENTA	NULA	ML		LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS, POLVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLAS CON LIGERA PLASTICIDAD
										MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	MEDIA	CL		ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD BAJA A MEDIA, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS MAGRAS
LIGERA A MEDIA	LENTA	LIGERA	OL	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD											
LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50		LIGERA A MEDIA	LENTA A NULA	LIGERA A MEDIA	MH			LIMOS INORGANICOS, SUELOS LIMOSOS O ARENOSOS FINOS MICACEOS O CON DIATOMEAS, LIMOS ELASTICOS							
		ALTA A MUY ALTA	NULA	ALTA	CH			ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD ELEVADA, ARCILLAS GRASAS							
		MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	LIGERA A MEDIA	OH	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA									
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		FACILMENTE IDENTIFICABLES POR SU COLOR, OLOR, SENSACION ESPONJOSA Y FRECUENTEMENTE POR SU TEXTURA FIBROSA			Pt	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS									

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Alfonso Montejo Fonseca, Tercera Edición Página 53.



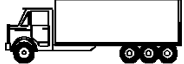









ANEXO N° 7: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico del Sistema de Administración de Pavimentos

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadriciclos, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi-Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
OTROS	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, DGP-DAV. Año 2014. Página 32.

ANEXO N° 8: Diagrama de cargas permisibles aplicados en los puntos de control.

PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.

a : Eje sencillo llanta sencilla.

b : Eje sencillo llanta doble.

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, DGP-DAV.

Anexo N°9: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $P_t = 2.0$.

Carga por eje		SN		pulg	(mm)		
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002	.002
6	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009	.009
8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.79	.076
12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.596
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	222.5	113	108	97	86	81	82

Fuente: Guía para el Diseño de pavimentos. AASHTO 93.

**Anexo N°10: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles,
ejes tandem, $P_t = 2.0$.**

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	pulg 3.0 (76.2)	(mm) 4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	267.0	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	275.9	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	284.7	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	293.6	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	302.5	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	311.4	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	320.3	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	329.2	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	338.1	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	347.0	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	355.9	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	364.8	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	373.7	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	382.6	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	391.5	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	400.4	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Fuente: Guía para el Diseño de pavimentos. AASHTO 93

Anexo N° 11: Número estructural SN_2 para la base.

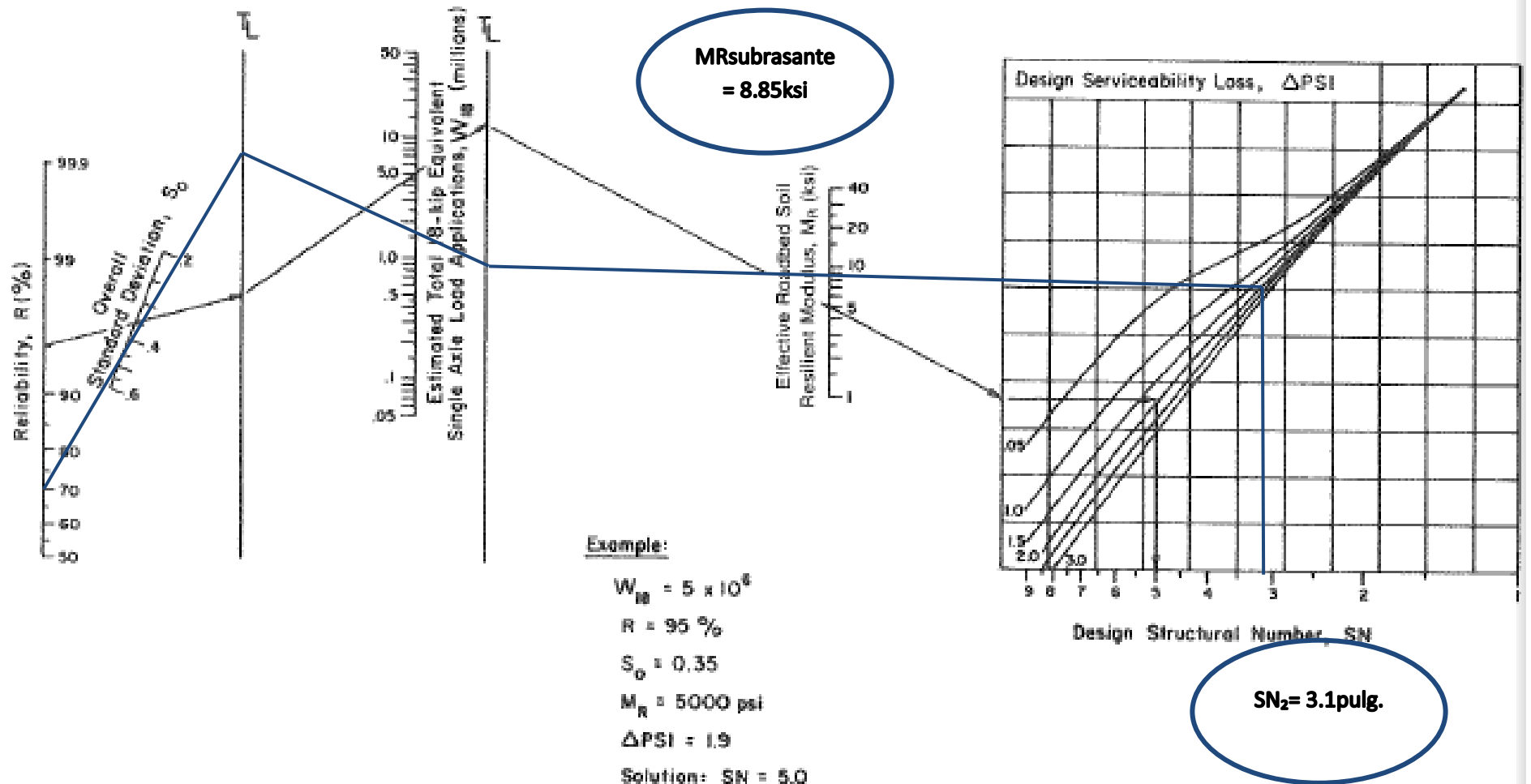
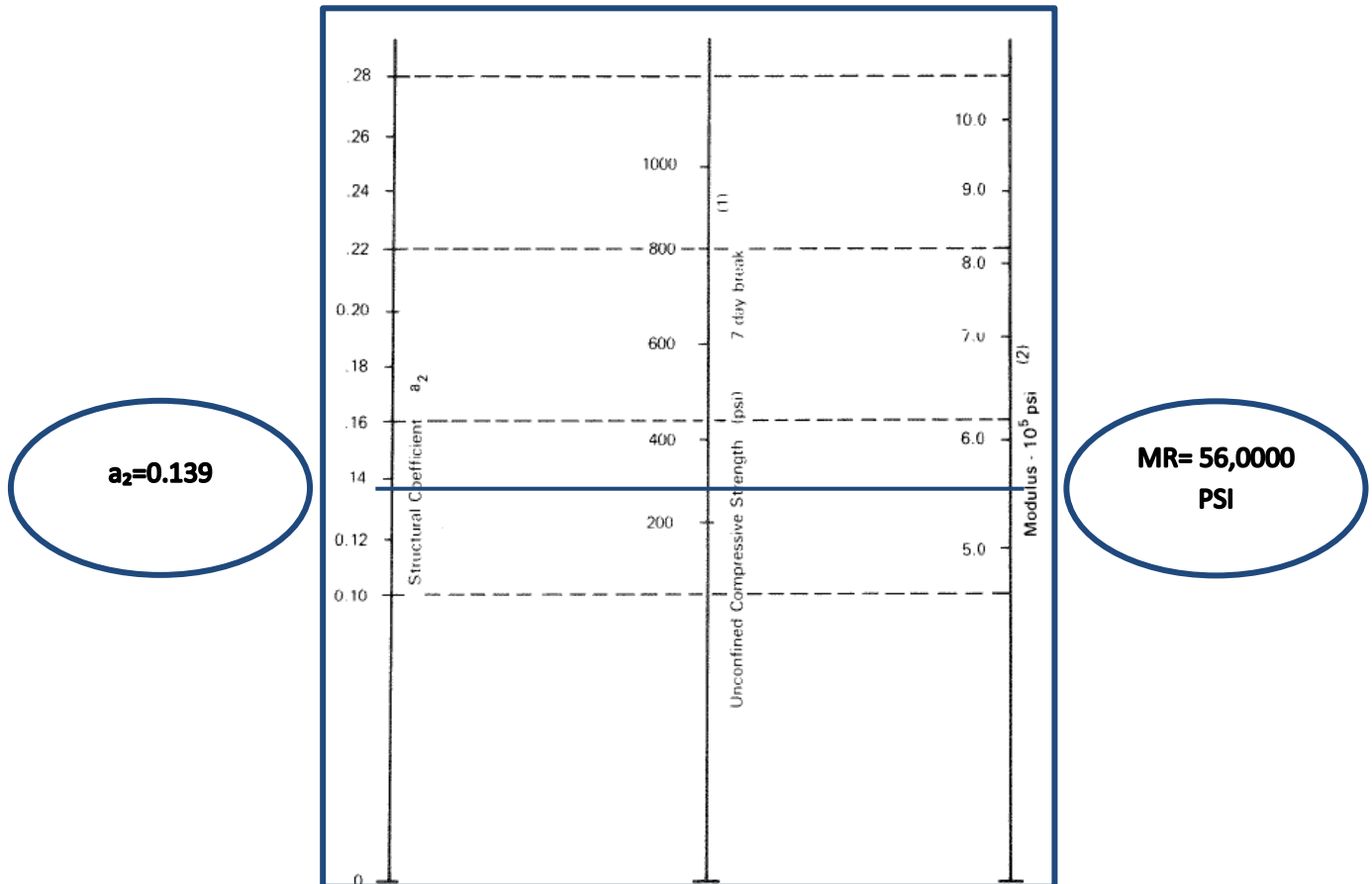


Figure 3.1. Design Chart for Flexible Pavements Based on Using Mean Values for Each Input

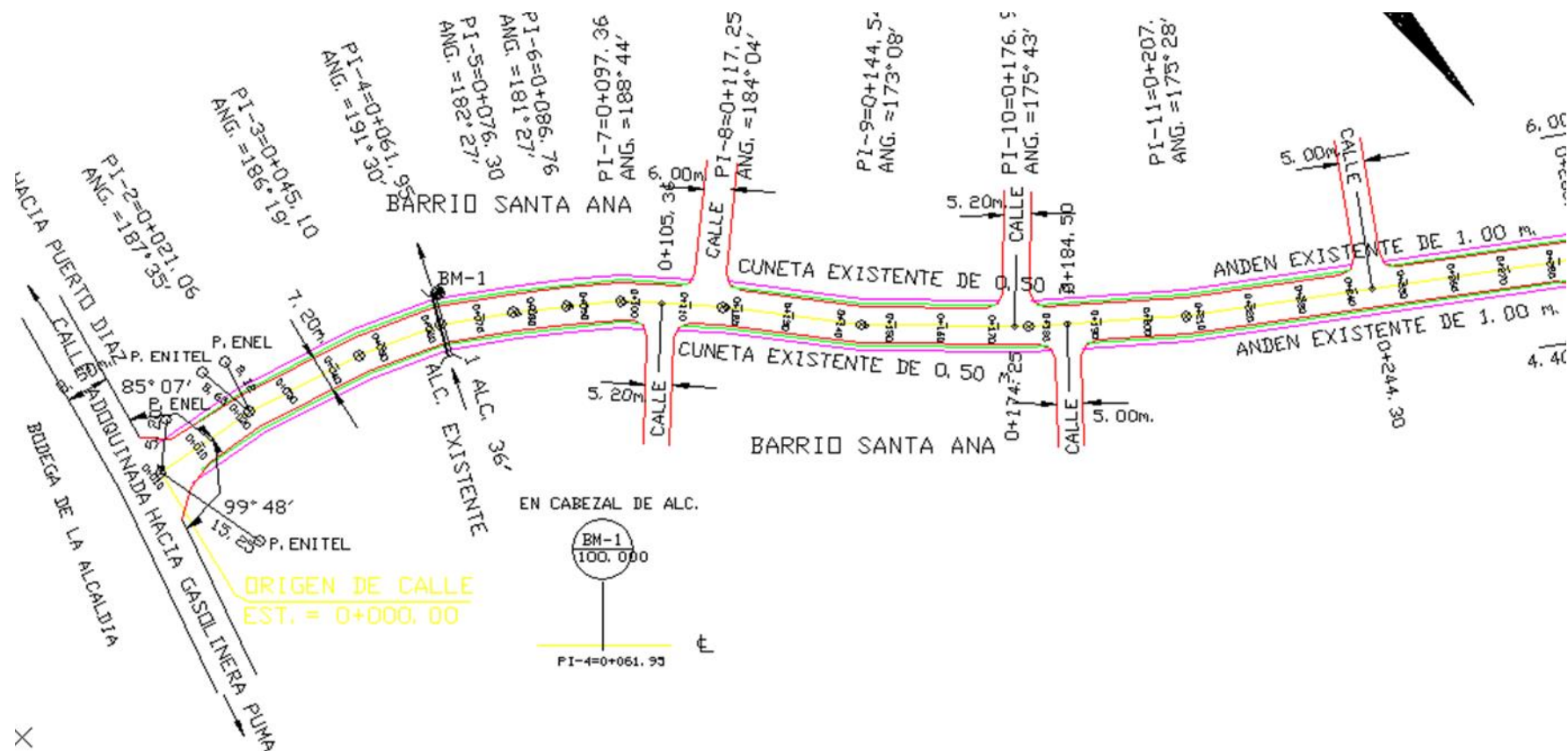
Fuente: Guía para el Diseño de pavimentos. AASHTO 93.

Anexo N° 12: Nomograma para calcular el coeficiente estructural (a_2) para base tratada con cemento y distintos parámetros resistentes.



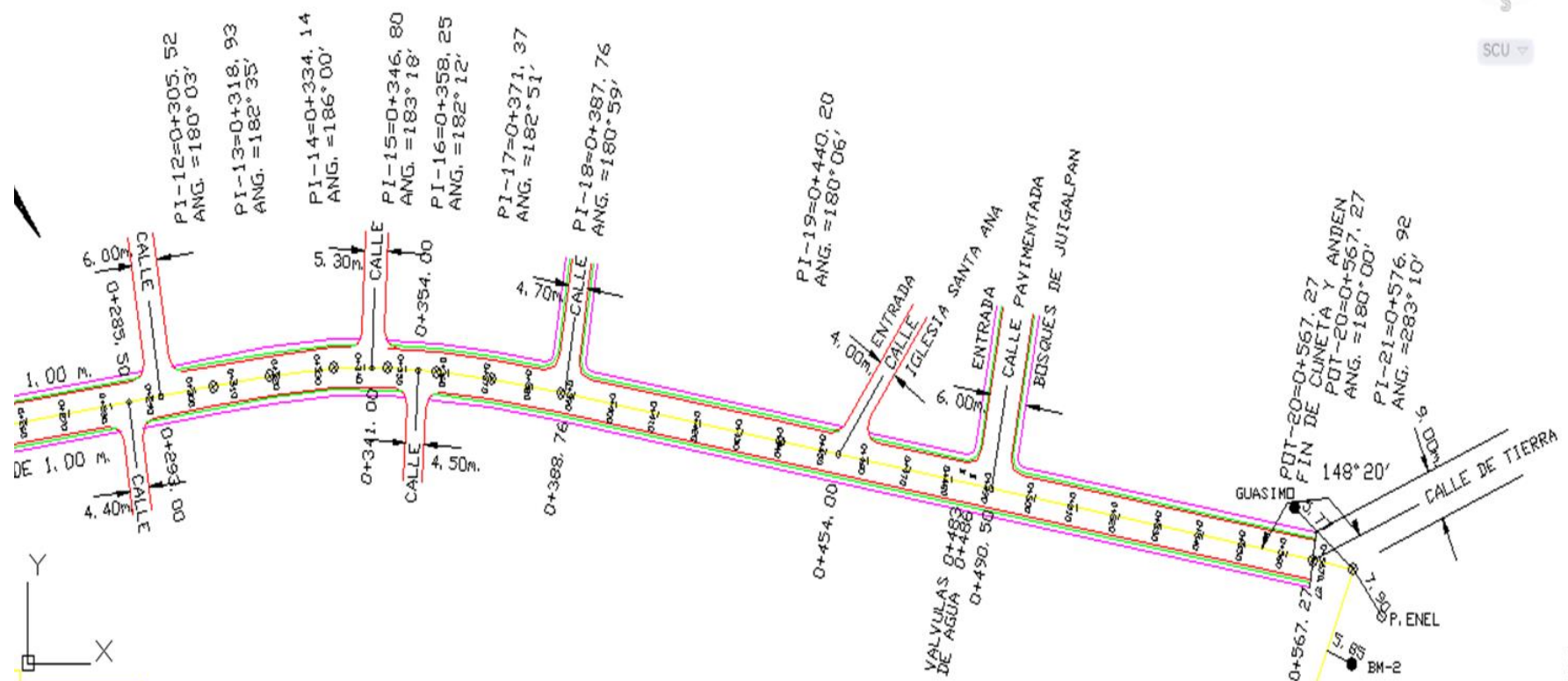
Fuente: Guía para el Diseño de pavimentos. AASHTO 93.

Anexo N° 13: Plano de la Calle Principal del Barrio Santa Ana de la estación 0+000 a la Estación 0+270 (Planta).



Fuente: Estudios Realizados por la Alcaldía de Juigalpa en junio del Año 2013.

Anexo N° 14: Plano de la Calle Principal del Barrio Santa Ana de la estación 0+270 a la Estación 0+567 (Planta).



Fuente: Estudios Realizados por la Alcaldía de Juigalpa en junio del Año 2013.

Anexo N° 15: Entrevista con el Msc. Lic. Jhader Abel Robles García página 1.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA


Líder en Ciencia y Tecnología

ENTREVISTA

Tema de Tesina:

"DISEÑO DE 550.00 METROS LINEALES DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON ADOQUIN EN EL BARRIO SANTA ANA, CASCO URBANO DE JUIGALPA, CHONTALES APLICANDO EL METODO DE LA AASHTO 93."

Objetivo de la Entrevista:

Recopilar la información necesaria que permita la determinación de una tasa de crecimiento vehicular.

Dirigido a: Msc. Lic. Jhader Abel Robles García.

Cargo: Director de Tribuciones de la Alcaldía de Juigalpa.

Fecha de Aplicación: 09 de Junio de 2014

Entrevistador: Enrique Francisco Lazo González.

I. Tasa de Crecimiento Vehicular.

1. ¿Qué parámetro utilizaría para determinar una tasa de crecimiento del parque vehicular de la ciudad de Juigalpa?

- Para obtener una tasa de crecimiento debemos utilizar un parámetro estadístico, en este caso recomiendo la cantidad de dinero recaudado por el pago del rodamiento anualmente.

1-2

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo N° 16: Entrevista con el Msc. Lic. Jhader Abel Robles García página 2.

2. ¿Qué Programa Utiliza la Alcaldía de Juigalpa para determinar una tasa de crecimiento anual en el rubro del pago del rodamiento vehicular?

-El programa utilizado por la Alcaldía de Juigalpa para registrar los ingresos de la municipalidad en los diferentes rubros del presupuesto de ingresos es el **SISREC**.

3. ¿Podría proporcionarme un cuadro resumen que exprese la tasa de crecimiento anual del pago de rodamiento vehicular en la Alcaldía de Juigalpa, partiendo desde el año 2009 hasta el año 2013?

-Al analizar los ingresos anuales por el pago de rodamiento vehicular, y posteriormente realizar un procesamiento de dichos datos, podemos expresar las tasas de crecimiento de acuerdo a la siguiente cuadro:

Tasas de Crecimiento(Pago de Rodamiento)
Alcaldía Municipal de Juigalpa

Año	Tasa de Crecimiento
2009	2.85
2010	2.90
2011	2.98
2012	3.05
2013	3.20
Tasa Promedio (%)	3.00

Agradeciendo la información generada, expresándole que la misma será utilizada únicamente para fines académicos, solicito como una constancia de la aplicación de dicha entrevista, su firma y sello.

Msc. Lic. Jhader Abel Robles García.
Director de Tribuciones
Alcaldía Municipal de Juigalpa



Fuente: Elaboración Propia.